



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

**EFEKTIVNÍ NAKLÁDÁNÍ S BIOLOGICKY
ROZLOŽITELNÝM ODPADEM**

EFFECTIVE MANAGEMENT OF BIOLOGICAL WASTE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Alena Petříčková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Gregor

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav procesního inženýrství
Studentka:	Bc. Alena Petříčková
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Procesní inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Gregor
Akademický rok:	2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Efektivní nakládání s biologicky rozložitelným odpadem

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Ve vyspělých zemích je využití Biologicky Rozložitelných Odpadů již standardem. V České republice je zpracování biologicky rozložitelného odpadu na vzestupu a díky dotačním programům bylo vybudováno mnoho kompostáren. Řada odborníků je skeptických vůči kompostárnám a celkové udržitelnosti projektu bez dotační podpory. Je tomu skutečně tak?

Cíle diplomové práce:

- Vytvoření technicko-ekonomického modelu kompostárny (stavební, technická a technologická část).
- Popis technologického zpracování.
- Analýza nákladů na zpracování při různých scénářích.
- Analýza dopravních nákladů pro zisk dané suroviny.
- Vyhodnocení potenciálu udržitelnosti projektu, jak z pohledu ekonomického, tak i provozního.
- Závěrečné vyhodnocení.

Seznam literatury:

Designing, constructing and operating composting facilities [online]. , 24. Dostupné z: <http://www.epa.vic.gov.au/~media/Publications/1588.pdf>

ZURBRÜGG, Christian, Silke DRESCHER a Almitra PATEL. Decentralised composting of urban waste – an overview of community and private initiatives in Indian cities. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X04000182>

<http://www.somejh.cz/>

<http://biom.cz/>

https://energypedia.info/wiki/Costs_of_a_Biogas_Plant

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

V teoretické části diplomové práce je uveden přehled o možnostech nakládání s biologicky rozložitelným odpadem s důrazem na efektivní metody řešení. Detailněji je rozebrána problematika kompostování a strojního vybavení v těchto zařízeních. V praktické části je podrobně popsán technicko-ekonomický model kompostárny a návod k obsluze modelu. V závěrečné části jsou uvedeny konkrétní scénáře kompostáren, které byly analyzovány a jejich zhodnocení z hlediska ekonomické udržitelnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

Biologicky rozložitelný odpad, nakládání s biologicky rozložitelným odpadem, kompostování, kompostárna, technicko-ekonomický model.

ABSTRACT

Theoretical part of present study gives a comprehensive overview of the methods used for the disposal of biodegradable waste with emphasis placed on highly effective techniques. Composting process is studied in detail and machinery used is thoroughly described. Acquired information from extensive research was applied to create a model of composting plant. Operation manual for this specific model forms part of the study. Afterwards various decomposing scenarios are analyzed and their economic sustainability is evaluated.

KEY WORD

Biodegradable waste, disposal of biodegradable waste, composting, composting plant, model of composting plant.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedených zdrojů. Dále prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, a že nedošlo k porušení autorských práv (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 25.5.2017

.....

Alena Petříčková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu své diplomové práce Ing. Jiřímu Gregorovi za odborné vedení a podporu při vypracování této diplomové práce.

BIBLIOGRAFICKÉ ÚDAJE

PETRÍČKOVÁ, A. *Efektivní nakládání s biologicky rozložitelným odpadem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 100 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Gregor.

OBSAH

1	Úvod.....	9
2	Motivace.....	10
3	Biologicky rozložitelný odpad	12
3.1	Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady	15
3.1.1	Využití biologicky rozložitelných odpadů	16
3.1.2	Odstranění	19
4	Kompostování	20
4.1	Proces kompostování.....	20
4.1.1	Fáze procesu kompostování	21
4.2	Technologický postup.....	22
4.3	Faktory ovlivňující proces kompostování	23
4.4	Hodnocení kvality výstupu ze zařízení.....	24
4.5	Použití kompostu	26
5	Typy kompostáren.....	28
5.1	Typy kompostáren dle velikosti	28
5.1.1	Komunitní kompostování a kompostování v domácnostech.....	28
5.1.2	Malá zařízení	28
5.1.3	Průmyslová a velkokapacitní zařízení.....	30
5.1.4	Další možnosti dělení kompostáren	30
5.2	Kompostárny dle použité technologie	32
5.2.1	Kompostování na volné ploše	32
5.2.2	Intenzivní kompostování	34
6	Mechanizace.....	37
7	Návrh kompostárny	43
7.1	Návrh surovinové skladby	43
7.1.1	Vhodný poměr uhlíku a dusíku	44
7.1.2	Vhodná vlhkost	45
7.2	Stavební a prostorový návrh.....	46
7.2.1	Návrh stavebního řešení	47
7.3	Návrh odpovídající techniky a mechanizace	50
7.4	Ekonomické posouzení.....	53
8	Technicko-ekonomické modely	55

8.1	Popis navrženého modelu a návod k obsluze	55
8.1.1	Zakládka kompostu	55
8.1.2	Výpočet plochy kompostárny a stavební řešení	57
8.1.3	Návrh odpovídající techniky a mechanizace v modelu.....	59
8.1.4	Ekonomické řešení	60
8.2	Technicko-ekonomický model velkokapacitní kompostárny.....	62
8.2.1	Zakládka kompostu	62
8.2.2	Stavební řešení a kompozice plochy	64
8.2.3	Zvolená mechanizace	65
8.2.4	Náklady zařízení bez vlivu dopravy.....	66
8.2.5	Náklady zařízení s vlivem dopravy	68
8.2.6	Ekonomické a provozní zhodnocení	69
8.3	Technicko-ekonomický model malé kompostárny.....	71
8.3.1	Zakládka kompostu	71
8.3.2	Stavební řešení a kompozice kompostárny	73
8.3.3	Zvolená mechanizace	73
8.3.4	Náklady zařízení.....	74
8.3.5	Malá kompostárna pro zemědělce.....	75
8.4	Celkové zhodnocení	76
9	Závěr.....	81

1 ÚVOD

Zákon č.185/2001 Sb. *O odpadech a o změně některých dalších zákonů* (dále jen „zákon o odpadech“) charakterizuje odpad jako každou movitou věc, které se vlastník chce zbavit nebo má povinnost se jí zbavit. Zbavením se míní předání věci k využití nebo odstranění případně předání jiné osobě, která má ke sběru odpadů oprávnění. [1]

Problematickou odpadů se v České Republice (dále jen „ČR“) zabývá oblast národního hospodářství, kterou nazýváme odpadové hospodářství. Věnuje se činností nakládání s odpady, předcházením vzniku, v neposlední řadě kontroluje a stará se o místa, kde jsou odpady trvale uloženy. Aby mohla být činnost v oblasti odpadového hospodářství spravována a kontrolována, je zavedena evidence odpadů, kde každý původce, oprávněná osoba či povinná osoba má povinnost ohlásit informace o odpadech a činnostech spojených s nimi v Integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností. Na základě získaných informací z evidovaných dat o produkci a nakládání s odpady je vyhodnocován stav odpadového hospodářství. Tyto informace slouží jako podklady k plánování, případně mohou být impulzem pro legislativní změny v této oblasti.

Produkce biologicky rozložitelných odpadů tvoří až jednu čtvrtinu celkové produkce odpadů, což je dostatečné množství na to, aby se otázce nakládání s bioodpady věnovalo odpovídající množství času. Dlouhou dobu byla tato skupina odpadů bez úpravy ukládána na skládku, i přesto, že je skládkování zcela nevhodná metoda nakládání s bioodpady z hlediska životního prostředí. Díky směrnicí Rady Evropské unie 1999/31/ES, *o skládkách odpadů*, která nařizuje členským státům Evropské Unie (dále jen „EU“) omezit množství skládkovaného biologicky rozložitelného odpadu (dále jen „BRO“), se z problematiky bioodpadů stala prioritní záležitost v oblasti odpadového hospodářství. V ČR je zakotvena ve vyhlášce č. 341/2008 Sb., *Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady*.

Na základě legislativních norem byl vytvořen Plán odpadového hospodářství (dále jen „POH“) ČR i krajů, kterým bylo určeno množství BRO, jež bude třeba odklonit od skládkování. Pro rok 1995 byla odsouhlasena počáteční hodnota na 1 530 000 tun, z této hodnoty bylo vypočítáno následné snížení množství skládkovaného BRO až do roku 2020. Konkrétní hodnoty pro časové období jsou uvedeny níže. [2]

- I. milník platný pro časové období 2010-2012. Úkolem je snížit skládkovaný BRO na 75 % z roku 1995. Množství odkloněného materiálu činí 383 kt a množství skládkovaného 1 147 kt.
- II. milník pro časové období 2013-2019. Úkolem je snížit skládkovaný BRO na 50 % z roku 1995. Množství odkloněného materiálu činí 765 kt a množství skládkovaného 765 kt.
- III. milník platný do roku 2020. Cílem je snížit skládkovaný BRO na 35 % z roku 1995. Množství odkloněného materiálu činí 1 147 kt a množství skládkovaného 535 kt.

2 MOTIVACE

Důvodů, proč je vhodné se problematikou BRO zabývat, je několik. V první řadě je ČR, vázána plnit povinnosti, které ji EU ukládá, jako je omezení skládkovaného BRO. Důvodem je vysoký obsah organických látek v bioodpadu, který je příčinou vytváření skládkového plynu, jenž se řadí mezi skleníkové plyny. Snížením skládkovaného množství BRO bude omezen vliv skládek na globální oteplování.

Dalším důvodem, neméně důležitým je navrácení organických látek obsažených v bioodpadech zpět do půdy. Organická hmota je velmi důležitou složkou zdravé půdy a v posledních letech této půdní složky zásadně ubývá. Následkem je degradace půdy, která je zapříčiněna nedostatkem uhlíku, jenž způsobuje sníženou schopnost půdy poskytovat živiny pro pěstování rostlin a méně potravy pro živé organismy. Nedostatek živin se nahrazuje umělými průmyslovými hnojivy, která ovšem nejsou vhodná z hlediska ochrany životního prostředí.

ČR stanovila strategie a priority odpadového hospodářství v *nařízení vlády 352/2014 Sb. O Plánu odpadového hospodářství ČR pro období 2015-2024*. Pro problematiku BRO jsou důležité následující body:

- Předcházení vzniku odpadů a snižování nebezpečných vlastností odpadů.
- Kvalitní recyklace a maximální využití vhodných odpadů (materiálové, energetické, biologické).

Prioritou je předcházení vzniku odpadů, kterého je v oblasti BRO docíleno, pokud organický materiál z domácností a zahrádek nevhodíme do sběrných nádob, ale zpracujeme svépomocí v domácím kompostéru či v komunitních kompostárnách. Takto zpracovaný materiál se odpadem nikdy nestal, jinými slovy neměli jsme v úmyslu se jej zbavit. Tento způsob řešení odpadů je zároveň nejjednodušším způsobem, jak odklonit BRO ze skládek. Je zcela závislý na vzdělání a celkovém přesvědčení veřejnosti.

Pokud BRO vznikne, je nejdůležitější vybrat nejvhodnější variantu nakládání, která je dle strategií odpadového hospodářství a hierarchie nakládání materiálové využití. Do kategorie materiálového využití je řazeno kompostování, jež je předmětem této diplomové práce.

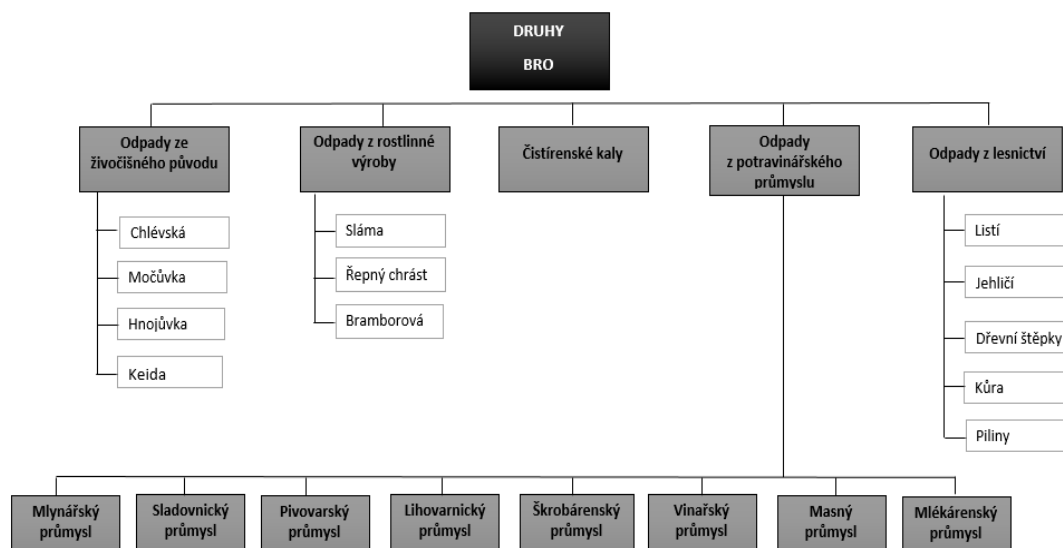
Cílem této práce je:

- **Vytvoření technicko-ekonomického modelu kompostárny.**
Model bude zahrnovat jak technologii pro proces kompostování, tak návrh stavebního řešení a vytvoření technického zázemí.
- **Popis technologického zpracování.**
Vytvořit přehled o možných technologiích zpracování a možnostech úprav materiálu.
- **Analýza nákladů na zpracování při různých scénářích.**
Výstupem tedy bude cena za zpracování 1 tuny odpadu, která je nezbytná pro pokrytí jak investičních, tak provozních nákladů.

- **Analýza dopravních nákladů na zisk suroviny dané suroviny.**
Náklady na dopravu jsou nákladné a mají velký vliv na cenu za zpracování odpadu, proto je nezbytné tuto položku zahrnout do celkové ceny.
- **Vyhodnocení potenciálu udržitelnosti projektu, jak z pohledu ekonomického, tak i provozního.**
Zhodnotit, zda je kompostárna schopna provozu bez dotačních podpor.
- **Závěrečné vyhodnocení.**

3 BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝ ODPAD

Biologicky rozložitelný odpad, často označovaný jako bioodpad, je rozložitelný **aerobním** i **anaerobním** procesem. BRO může mít různé vlastnosti, které se mohou příznivě či nepříznivě projevit na následném využití. Mohou se odlišovat například fyzikálními vlastnostmi, jako jsou vlhkost, objemová hmotnost a zrnitost, nebo chemickými vlastnostmi, mezi které patří poměr uhlíku a dusíku, jež je stěžejní pro správné založení a zrání kompostu. Vlastnosti a složení bioodpadů jsou ovlivněny sezónností či původem vzniku. Rozdělení dle původu vzniku je uvedeno ve schématu na Obr. 1.



Obr. 1 Schéma rozdělení druhů biologicky rozložitelných odpadů [archiv autora]

Do skupiny BRO jsou řazeny zejména odpady z výrobní sféry, tj. ze zemědělství, potravinářství, čistírenského a vodárenského průmyslu. Dále se pak může jednat o odpady z papírnického, textilního a dřevařského průmyslu. Seznam BRO je uveden viz PŘÍLOHA I.. Jedná se zejména o odpady patřící do skupiny 2, 3, 4, 10, 15, 17, 19. [3]

Další významnou skupinou spadající pod BRO je biologicky rozložitelný komunální odpad (dále jen „BRKO“), který je získáván z odpadu z domácností a zahrádek. Tento odpad je významnou složkou komunálního odpadu (dále jen „KO“) a dlouhou dobu byl bez dalšího využití ukládán na skládky. KO je v katalogu odpadů uveden pod číslem 20. V Tab. 1 jsou předloženy odpady, které jsou považovány dle *Směrnice Rady 1999/31/ES* za BRKO.

Zvláštní kapitolou jsou vedlejší živočišné produkty, mezi které jsou řazeny části těl živočichů a produkty živočišného původu, které jsou ošetřeny *Nařízením Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1774/2002, o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu*. Díky tomuto nařízení jsou vedlejší živočišné produkty děleny do tří kategorií. Stručný přehled vybraných odpadů, zařazených do kategorií a možnosti jeho nakládání, je uveden v PŘÍLOHA II. [4]

Tab. 1 *Biologicky rozložitelné komunální odpady [5]*

Katalogové číslo	Název druhu odpadu
20 01 01	Papír a lepenka
20 01 07	Dřevo
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
20 01 10	Oděvy
20 01 11	Textilní materiály
20 02 01	Biologicky rozložitelné odpady
20 02 03	Jiný biologicky nerozložitelný odpad (částečně)
20 03 01	Směsný komunální odpad (částečně)
20 03 02	Odpad z tržišť (částečně)

Biologicky rozložitelný odpad v číslech

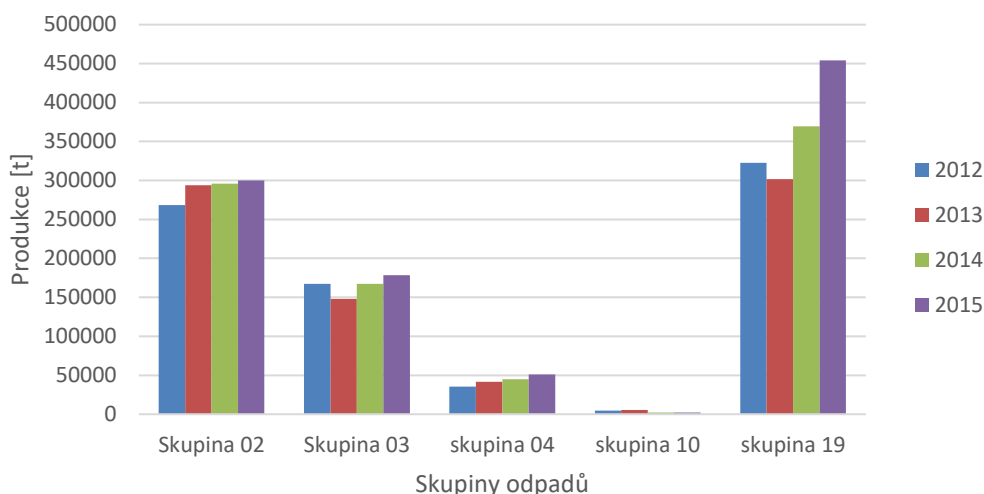
Data pro stanovení procentuálního zastoupení jednotlivých skupin odpadů uvedených v Tab. 2 a data pro Obr. 2 byla získána z webových stránek Ministerstva životního prostředí o veřejných informacích o produkci a nakládání s odpady (dále jen „VISOH“). V Tab. 2 je prezentováno procentuální zastoupení jednotlivých skupin BRO. V roce 2015 bylo vyprodukováno celkem 985,8 tisíc tun bioodpadů (bez BRKO). S největším podílem 46 % jsou zastoupeny odpady patřící do skupiny 19, což jsou odpady ze zařízení na zpracování odpadu a z čistíren odpadních vod. Další významný podíl 30 % je tvořen odpady ze skupiny 02, což jsou odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství, a z výroby zpracování potravin. Poslední značně zastoupenou skupinou jsou odpady pod číslem 03, tedy odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku a celulózy. Do skupiny BRO patří také konkrétní druhy odpadů ze skupiny 15 a 17, ke kterým není umožněn v rámci VISOH přístup.

Tab. 2 *Procentuální zastoupení BRO pro rok 2015 [autor, data VISOH]*

Skupina	Množství [t]	Procentuální zastoupení [%]
2	300 070	30,4
3	178 394	18,1
4	50 917	5,2
10	2 185	0,2
19	454 236	46,1
Celkem	985 802	100,0

V grafu na Obr. 2 je uvedena produkce jednotlivých skupin BRO v období 2012-2015. Produkce odpadů skupin 02,03,04 a 10 v rámci sledovaného období je téměř neměnná. Naopak produkce odpadů skupiny 19 je v předmětném období značně proměnlivá. V roce 2013 byl zaznamenán téměř 7% ve srovnání s produkcí z roku 2012. Naopak nárůst produkce je zaznamenán jak v roce 2014 tak v roce 2015 a to až o 23 % během jednoho roku. Za předpokladu, že bude produkce odpadů ze skupiny 19 narůstat stejně intenzivně, dá se

předpokládat i značné navýšení celkové produkce BRO, vzhledem vysokému procentuálnímu zastoupení viz Tab. 2.



Obr. 2 *Produkce vybraných skupin BRO [archiv autora, data VISOH]*

V údajích o produkci bioodpadů uvedených výše, není zahrnuta produkce BRKO. Dle POH, BRKO představuje 44,5 % KO a dle Českého statistického úřadu každý obyvatel ČR v roce 2015 průměrně vyprodukoval 317 kg KO/rok. Z těchto informací lze odhadnout, že BRKO představuje přibližně 140 kg odpadu na osobu/rok.

Na složení odpadů má zásadní vliv velikost a typ zástavby. V roce 2003 byl v rámci VaV/720/2/00 proveden výzkum, kde bylo zjištěno, jaké je morfologické složení domovního odpadu. V podstatě se jedná o část KO, která je produkována občany v domácnostech. Výsledky z výzkumu jsou uvedeny v Tab. 3. Domovní odpady jsou tvořeny ze 6 % bioodpadem pro případ venkovských zástaveb a sídlištní typ zástavby je tvořen téměř z 20 % bioodpadem, což potvrzuje informace o jednotlivých typech zastavěných prostor uvedených níže:

Sídlištní (městská) zástavba

Městská zástavba je tvořena převážně bytovými domy s centrálním vytápěním. Předpokladem je, že vyprodukované odpady není možné využít v místě vzniku.

Smišená zástavba

Smišená zástavba je starší typ zástavby s bytovými domy. Vytápění je řešeno jak lokálním způsobem, tak za pomoci vytápění ústředního a je realizováno převážně plynem a elektřinou. Tuhá paliva jsou využívána v zanedbatelné míře, v odpadech je předpokládán nižší výskyt popelovin.

Vilová zástavba

Typ zástavby, který je tvořen převážně rodinnými domy a vilami. Vytápění v domech je lokální a etážové, domy jsou vytápěny především za pomoci plynu a elektřiny, tuhá paliva jsou pro vytápění využívána minimálně. V tomto typu zástavby je možnost kompostování bioodpadů.

Venkovská zástavba

Venkovská zástavba je tvořena rodinnými domy s lokálním vytápěním, proto je ve svezených odpadech vyšší podíl popeloviny než v ostatních typech zástavby. V odpadech z venkovských zástaveb je nižší obsah BRO, z důvodů zkrmování těchto odpadů a kompostování v domácích komposterech.

Tab. 3 Podíl jednotlivých frakcí v odlišných typech zástavby [8]

Morfologická skladba skupin	Podíl jednotlivých frakcí v odpadu [% hm.]			
	Sídlištní zástavba (velká města)	Sídlištní zástavba (menší města)	Smíšená zástavba měst	Venkovská zástavba
Papír, lepenka	22,7	22,2	25,6	7,6
Plasty	13,8	16,8	18,0	9,0
Sklo	8,7	6,7	7,6	8,9
Kovy	3,4	3,0	3,1	4,5
Bioodpad	18,2	19,6	17,3	6,3
Textil	5,6	6,6	5,1	2,2
Minerální odpad	1,9	0,8	2,3	4,0
Nebezpečný odpad	0,5	1,1	0,4	0,5
Spalitelný odpad	12,4	6,7	7,0	6,2
Zbytek 20-40 mm	3,1	8,4	5,4	5,0
Frakce 8-20 mm	6,6	5,1	3,8	8,9
Frakce menší 8 mm	3,1	3,0	4,4	36,9
Celkem	100,0	100,0	100,0	100,0

3.1 Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady

Za nakládání s odpady je považována jakákoli činnost s nimi, od shromažďování, sběru, po dopravu, využití či odstranění. Nakládání s BRO je ošetřeno zákonem o odpadech. V tomto zákoně můžeme dohledat základní informace týkající se bioodpadu, obsahuje například informace o sběru odpadu nebo o povinnostech při jeho zpracování. Zahrnuje také zásady, kterými je vhodné se řídit při volbě vhodné metody nakládání. [1]

Na Obr. 3 je zobrazena hierarchie nakládání s odpady, která je platná i pro odpady biologicky rozložitelné. Nejvyšší preferenci má použití k původnímu účelu, následuje materiálové zpracování a energetické využití. Jako nejméně efektivní z hlediska ekonomického i ekologického je odstranění odpadu bez potenciálního využití.



Obr. 3 Schéma hierarchie nakládání s odpadem [archiv autora]

3.1.1 Využití biologicky rozložitelných odpadů

Jedním z cílů zpracování BRO je navrátit organický materiál zpět do půdy, a tím zajistit koloběh živin v přírodě a udržitelné hospodaření. Proto je nejvhodnějším způsobem nakládání s odpady materiálové využití, v případě BRO se jedná o kompostování. Pokud materiálové využití není z nějakého důvodu možné, druhou nejlepší variantou je energetické využití. Zajímavou způsob nakládání s bioodpadem je anaerobní digesce, která je kombinací energetického a materiálového využití.

3.1.1.1 Materiálové využití

Materiálové využití je dle Zákona o odpadech definováno jako využití odpadů, do kterého spadá recyklace, či jiné využití odpadů jako materiálu. Jedná se o procesy, při kterých získaný produkt (upravený odpad) je možné dále využívat. Například může vzniknout surovina pro další výrobu, či surovina vhodná pro zemědělskou činnost. Díky takovýmto úpravám odpadů šetříme primární suroviny, kam řadíme uhlí, ropu nebo zemní plyn. [9]

Možnosti materiálové využití jsou:

- Biologické procesy (aerobní fermentace, částečně anaerobní fermentace).
- Recyklace.
- Regenerace.
- Využití odpadů na rekultivaci.
- Využití odpadů na terénní úpravy.

Recyklace

Při recyklaci jde o navrácení odpadu do výrobního cyklu, za předpokladu změny vlastností odpadů. Změna je takového rozsahu, aby bylo možné odpady opětovně využít, ať k původními či jinému účelu.

Regenerace

Při regeneraci obnovujeme původní vlastnosti látek tak, aby bylo možné je znovu použít. Regenerují se zejména chemické látky jako jsou kyseliny, rozpouštědla nebo zásady.

Využití odpadů na rekultivaci

Při rekultivaci je cílem navrátit poškozenou, či jinak znehodnocenou krajinou do původního stavu. Rekultivují se skládky, doly, či nerovné krajiny. S výhodou lze pro tyto účely využít odpady. Pro rekultivaci skládek je vhodné využít těsnící odpadní látky jakým je jíla. Pro vyrovnávací účely lze využít inertní odpady či zeminy horší kvality. [10]

Využití odpadů na terénní úpravy

Zejména se jedná o využití odpad ze stavební činnosti, jako je odpadní zemina případně stavební suť, na terénní úpravy. Tyto odpady je nutné upravit za pomoci drčení. Terénní úpravou je míněno například zpevnění cest, vyrovnání nerovností v okolí nových staveb, zasypaní děr.

3.1.1.2 Energetické využití

BRO řadíme dle definice upevněné v *Zákoně č. 165/2012 Sb. O podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů* (dále jen „zákon o podporovaných zdrojích“) do kategorie biomasy. Za biomasu můžeme obecně považovat jakékoli biologicky rozložitelné produkty, zbytky a odpady. Biomasou jsou i cíleně pěstované produkty pro energetické účely. Na energetické zpracování BRKO se dle *Zákona o podporovaných zdrojích* vztahuje finanční podpora na výrobu elektřiny z obnovitelných a druhotných zdrojů. [11]

Energetické využití bioodpadů šetří především fosilní paliva. Dalšími výhodami jsou snížení objemu až desetinásobně a hmotnosti o 60–70 %. Z hlediska životního prostředí je toto využití odpadů považováno za neutrální, protože oxid uhličitý vzniklý při spalování vzniká oxidací organického uhlíku.

Energetické využití dělíme dle principu zpracování na tři základní typy:

- Termochemická konverze (spalování, zplyňování, pyrolýza).
- Biochemická konverze (anaerobní digesce, alkoholové kvašení).
- Fyzikálně chemická konverze (neutralizace kyselých či zásaditých odpadů, stabilizace odpadů).

Termochemická konverze

Zařízení k termochemickému zpracování pracující na principu vysokoteplotních rozkladů materiálů s obsahem uhlíku. Procesy spadající pod termochemickou konverzi jsou děleny na aerobní, do kterých je řazeno spalování a zplyňování a anaerobní, pod které spadá zplyňování. Produktem termochemické konverze je tepelná energie, která je dále využívána buď přímo k vytápění nebo nepřímo k ohřevu vody či k výrobě elektrické energie. [12]

Pokud chceme provozovat zařízení za účelem výroby elektřiny a tepla je nezbytné získat licenci od Energetického regulačního ústavu a dodržovat zákon č. 458/2000 Sb., *O podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů*. Licence pro provoz je nezbytná například pro spalovny komunálního odpadu.

Spalování

Spalování BRO je vzhledem k širokému pásmu vlhkostí od 10–65 %_{hm}, velmi komplikované a vyznačuje se řadou nevýhod. V případě vysokého obsahu vody ve spalované surovině

významně klesá výhřevnost, příčinou je využití velkého množství energie pro odpaření vody. Při spalování BRO má vyšší obsah vody negativní vliv na hoření, které neprobíhá ideálně a vzniká skleníkový plyn oxid uhelnatý. Další skleníkové plyny, jež mohou vzniknout při spalování bioodpadů jsou CO_2 a NO_x . [12]

Abychom mohlo být spalování biopaliva označeno za energetické využití, musí energetická účinnost zařízení být vyšší než 65 %. Stanovení energetické účinnosti je zakotveno ve *Směrnici Evropského parlamentu a rady 2008/98/ES*. V případě, že je účinnost nižší než 65 %, jedná se pouze o odstranění odpadů.

Pyrolýza

Při pyrolytickém procesu jsou bez přístupu kyslíku zpracovány odpadní látky na bázi uhlíku. Vzhledem k vysokému obsahu organických látek v BRO, tudíž i vysokému obsahu uhlíku, můžeme bioodpady považovat za surovinu vhodnou pro pyrolytický proces. Výstupním produktem z pyrolýzy je chemická látka jako pyrolýzní plyn, bio-olej a pevný zbytek. Tepelná energie, jež vznikla při pyrolytickém procesu může být využita k výrobě tepla a elektrické energie.

Bio-olej vzniklý pyrolýzou biomasy je kapalný s ostrým zápachem a má tmavě hnědou barvu. Je složen z pyrolýzní vody a dalších kyslíkatých organických sloučenin. Je možné se setkat s označením pyrolýzní benzín či pyrolýzní olej. Pevný zbytek je složen z popela, nezreagovaných částic a uhlíkatých usazenin. Tento produkt je biologicky i tepelně stabilní a obsahuje vysoký obsah uhlíku, kolem 86–89 %. [12]

Zplyňování

Zplyňování je založeno na oxidační reakci uhlíku za vzniku oxidu uhelnatého. Důvodem je podstechiometrické množství kyslíku při reakci. Při zplyňování je využito čistého kyslíku nebo vzduchu s obsahem kyslíku až 90 % a je dosaženo teploty v rozsahu 1000-1500 °C. Při zplyňování je výsledným produktem syntézní plyn, který je možné využívat jak energeticky, tak materiálově. Syntézní plyn je směsí, CO , H_2 , CH_4 , balastních látek CO_2 a N_2 a vodní páry, pokud chceme syntézní plyn dále využívat je nutné jej čistit. [12]

Biochemická konverze

Biochemická konverze je vhodná pro bioodpady, které mají vyšší obsah vody, nejvhodnější variantou je anaerobní digesce.

Anaerobní digesce

Při anaerobní digesti dochází k přeměně organických látek za pomoci mikrobů na bioplyn a digestát. Jak z názvu této metody vyplývá, reakce probíhá bez přístupu kyslíku. Anaerobní digesce je řazena pod energetické využití, díky vzniku bioplynu, který je možné využívat pro energetické účely. Bioplyn je složen ze 40–75 % metanem, který je vypovídajícím prvkem o kvalitě plynu a z 25–55 % oxidem uhličitým, zbylé složky jsou zastoupeny méně. Nejčastějším využitím bioplynu je výroba tepla, případně výroba tepla i elektřiny v kogeneračních jednotkách. Vedlejším produktem je digestát, jedná se o zbytek z organické hmoty, která prošla procesem anaerobní digesce. Tento odpadní produkt lze za daných podmínek využívat na hnojení. Zařízení, ve kterých probíhá anaerobní digesce označujeme jako bioplynové stanice. [13]

3.1.2 Odstranění

Skládkování

Skládkování patří mezi nejstarší a v ČR nejrozšířenější formy nakládání s odpady. Při skládkování je odpad vrstven na hromadu, která je po naplnění kapacity uzavřena. Takto uzavřený odpad se postupně rozkládá za vzniku skládkového plynu, který je obvykle složen z oxidu uhličitého, metanu, oxidu dusíku, oxidu síry a další méně významných plynů. Skleníkový plyn vzniká rozkladem biologicky rozložitelných odpadů za pomoci biologických a chemických reakcí a je kategorizován jako plyn patřící do skupiny skleníkových plynů. Mezi skleníkové plyny jsou řazeny látky jako například metan, oxid dusný, oxid uhelnatý dále CFC (fluorochlorouhlík) nebo TCM (tetrachlormetan). [14]

Součástí každé skládky je odplyňovací systém, který je tvořen systémem jímacích studní, vrtů a drénu, jež jsou využívány k zachytu plynu. Pokud je skládkový plyn odpovídající kvality, je účelné jej po úpravě využít v kogeneračních jednotkách na výrobu energií. Úpravou je míněno odstranění balastních látek, jako je voda ve formě páry, prach nebo CO₂. V případě, že množství plynu převyšuje kapacitu kogenerační jednotky nebo je plyn nekvalitní, je nutné jej odstranit ve spalovacím zařízení – fléře. Při poškození odplyňovacího systému uzavřené skládky, může dojít k výbuchu nebo požáru. Další negativum při skládkování BRO je rychlejší snižování objemu rozkladem, než je tomu u jiných odpadů, to způsobuje nerovnoměrné sedání skládkové hromady, v nejhorším případě mechanické narušení krycí vrstvy. [13]

Skládkování je poslední volbou, ke které bychom se měli přiklonit. Nejen z důvodu nevyužití surovin obsažených v odpadech, zbytečného zabírání prostoru odpadky, ale také z hlediska neřešení situace. Při skládkování je problém odpadů přenechán pro další generace. Snahou by mělo být najít vhodnější řešení a ukládat pouze tzv zbytkový odpad (odpad, který nelze zpracovat jinak).

Spalování odpadů

Spalování odpadů je řazeno mezi odstraňování odpadů, za předpokladu, že není využita energie uvolněná při procesu spalování, případně je účinnost spalovacího zařízení menší jak 65 %. Jedná se o variantu, kdy je s výhodou využito zmenšení objemu odpadu až na 10 % původního objemu a snížení hmotnosti odpadu na 25–30 % původní hmotnosti. Při spalování je snížena škodlivost odpadů, čehož se s výhodou využívá pro nakládání s nebezpečnými odpady. Při spalování vzniká jako vedlejší produkt popelovina, která je složena z reziduí a popele, který je ukládán na skládky nebezpečného odpadu.

K této variantě by mělo být přistoupeno pouze v případě, že předchozí metody nejsou možné. [13]

4 KOMPOSTOVÁNÍ

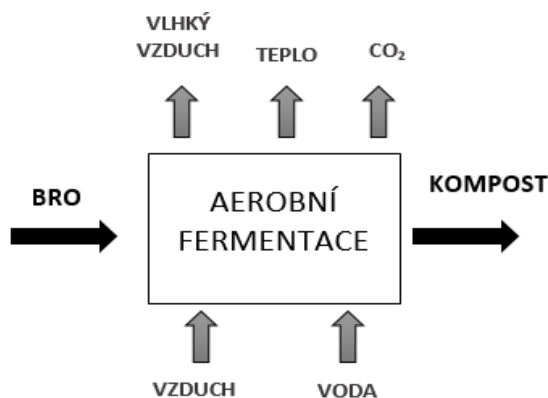
Při kompostování, které je známé pod pojmem aerobní fermentace, se bioodpad za vhodných podmínek přeměňuje na kompost (stabilizovaný bioodpad). Tato přeměna je řízena a kontrolována obsluhou a pomocí monitorovacích zařízení. Základem je aerobní rozklad organické hmoty, zejména rostlinného původu, působením enzymů živých organismů na humusové složky. Tato technologie je pokládána za velmi perspektivní a lze ji považovat za ověřenou vzhledem k její dlouhé historii. Z hlediska stabilizace biologického odpadu lze kompostování chápat jako ekonomicky výhodnou volbu zpracování bio odpadu.

Za předpokladu volby správného procesu můžeme v kompostování nalézt mnoho pozitivních dopadů. Největší výhodou je návrat organických látek zpět do půdy a následně zkvalitnění půdy, případně potenciální obnovení půdy zničené půdní erozí. Další výhodou je snížení množství bio odpadu, který je ukládán na skládky. Částečným odstraněním bio odpadu ze skládek dochází k potenciálnímu uvolnění kapacity skládky, eliminaci průsakových vod na skládce, resp. k produkci metanu z uloženého odpadu.

Abychom dosáhli vzniku kvalitního kompostu, musíme zajistit vhodný vstupní materiál, vybrat vhodnou a ekonomicky výhodnou technologii zpracování a zajistit vyhovující podmínky pro celkový proces kompostování.

4.1 Proces kompostování

Kompostování je proces, při kterém dochází k rozkladu biologicky rozložitelného materiálu pomocí aerobních organismů. Pro správný průběh kompostování je nutné zajistit dostatek kyslíku organismům a zároveň zajistit odvod oxidu uhličitého, které tyto mikroorganismy produkují. Z tohoto důvodu musí být kompostovatelný materiál porézní, aby byla výměna plynů možná. Jedná se o samozáhřevný, aerobní a termofilní biologický proces, který se skládá ze tří základních stádií. Schéma aerobní fermentace je možné vidět na Obr. 4.



Obr. 4 Schéma procesu kompostování [archiv autora]

Každý kompost prochází jednotlivými fázemi – rozklad, přeměna a zrání. Tyto fáze ovšem nelze přesně časově oddělit, protože se jedná o kontinuální proces. Fáze jsou regulované a kontrolované tak, aby došlo ke správnému procesu přeměny organické látky na humus. Při rozkladu kompostu probíhá několik pochodů, mezi které patří tlení, kvašení, hnití a humifikace. Stěžejním procesem je humifikace, při které dochází k přeměně organických

látek na tmavé koloidní látky, tzv. huminové kyseliny. Součástí humifikace je rozklad bezdusíkatých organických sloučenin díky mikroorganismům, dále rozklad dusíkatých sloučenin bakteriemi a plísněmi. V případě, že aerobní fermentace probíhá při nedostatku kyslíku, dochází k hnití a tím i k tvorbě amoniaku a sirovodíku. Hnití je nechtěnou součástí procesu, proto se mu snažíme vyhnout zajištěním dostatečného množství kyslíku a volbou vhodného materiálu. V praxi mu však nelze ve všech případech zcela předejít.

Důležitou roli hrají také živočichové jako např. žížaly, hmyz a kůrovci. Tito živočichové rozkládají složitější látky kompostu a tím napomáhají urychlit celkový průběh. Popis vyjmenovaných pochodů probíhajících při aerobní fermentaci a jejich základní podmínky jsou uvedeny v Tab. 4.

Tab. 4: *Děje probíhající při kompostování [autor]*

Proces	Popis	Vzduch	Působící organismy	Reakce probíhá za vzniku
Tlení	Rozklad organické hmoty	Ano	Aerobní organismy	CO ₂ , další plyny
Kvašení	Rozklad bezdusíkatých látek	Ne	Mikroorganismy	Kvasné produkty, CO ₂
Hnití	Rozklad organických dusíkatých látek	Omezený	Bakterie	Sírovodík, vodík, amoniak, CO ₂
Humifikace	Přeměna organických látek na tmavé látky s koloidními vlastnostmi	Ano	Mikroby, enzymy, plísně	Huminové kyseliny

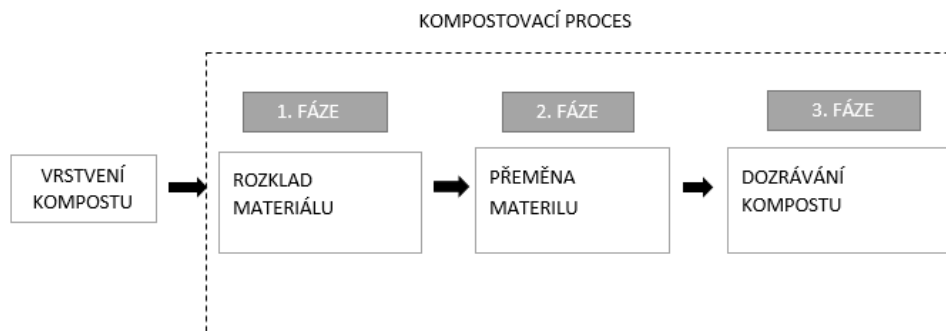
4.1.1 Fáze procesu kompostování

Schéma kompostovacího procesu s jednotlivými fázemi je uveden viz Obr. 5. Ve fázi rozkladu je nutné zajistit intenzivní provzdušňování. Doba trvání této fáze je tři až čtyři týdny, ovšem v případě méně kvalitních technologií se fáze prodlužuje, a to až na dva měsíce. Typickým znakem je zvýšení teploty na hodnoty 50 °C až 70 °C, dle složení kompostovaného materiálu. Při rozkladové fázi dochází k redukci objemu kompostu a uvolňování živin, které jsou vázány v organickém materiálu. Látky, které jsou rozkládány, jsou spíše jednodušší, např. cukry, škrob a bílkoviny.

Ve fázi přeměny se snižuje teplota na 45 °C až 40 °C, může ovšem klesat i více. Toto stádium odpovídá přibližně 4. až 10. týdnu procesu. Dochází k začlenění uvolněných látek do vytvořeného humusu. Mezi viditelné změny této fáze patří změna struktury kompostu, kterou můžeme přirovnat k drobkovitě. Dalším znakem je barva, která je hnědá a v celém objemu má velmi podobný odstín.

Fáze zrání, často také označována jako fáze syntézy, je velmi důležitá z hlediska pevnějšího vázání organických živin a tím i následného postupného uvolňování živin do půdy při aplikaci kompostu. Humus je účinnější, protože je kvalitnější a stabilnější. V této fázi

kompost sníží teplotu na teplotu okolí. Po uplynutí dostatečné doby získá odpovídající strukturu, kterou je možné označit za zemitou.



Obr. 5 Schéma fází kompostování [archiv autora]

4.2 Technologický postup

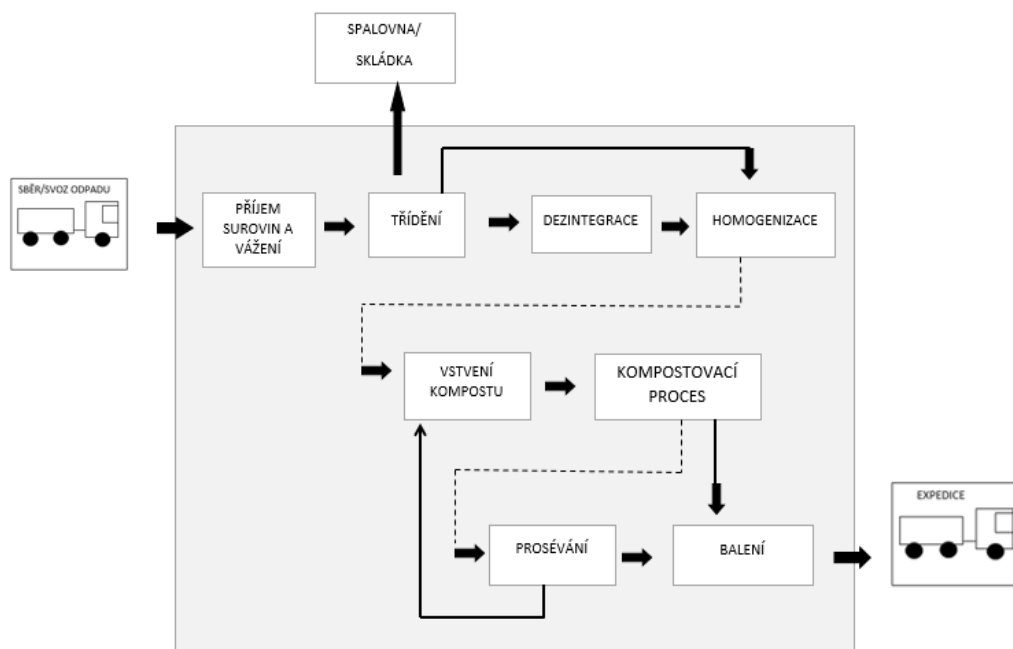
Při kompostování je důležité nejprve zajistit dopravu bioodpadu do kompostárny. Tato prvotní část může probíhat několika způsoby:

- Bioodpad je dovezen producentem do kompostárny.
- Svoz bioodpadu je realizován svozovou firmou.
- Svozem z větších průmyslových zdrojů případně gastronomických zařízení.

Úkony probíhající v areálu kompostárny jsou demonstrovány na Obr. 6. V celém objektu musí být vyřešen průsak a odchyt dešťové vody. Voda se obvykle odchyťává do jímek a je následně využívána k vlhčení vyráběného kompostu.

Svezený odpad prochází přes příjem, kde je provedena evidence odpadu a vážení. Vzhledem k tomu, že je nutné před kompostováním provést některé úpravy, následují tyto operace:

- BRO může obsahovat některé nekompostovatelné látky, je vhodné jej tedy protřídit a nevyhovující materiál odvést k dalšímu nakládání například spalení, skládkování.
- Dezintegrace umožňuje rychlejší a efektivnější proces. Jedná se především o drcení ke snížení objemu látek, prosévání a štěpkování materiálu, který je třeba takto upravit.
- Homogenizace, což je proces promísení materiálů s cílem získat stejnorodé složení pro základku kompostu.



Obr. 6: Schéma kompostovacího postupu [archiv autora]

Po provedení všech úprav může být připravena zakládka, tudíž navrstven materiál, z kterého bude kompost připraven. Vrstvení a složení zakládky není náhodné a již před homogenizací je nutné provést výpočty proto, aby kompostování proběhlo správně a bylo docíleno požadovaných výstupů. Následuje samotný kompostovací proces, kdy proběhnou biologické a chemické reakce. Pro správný průběh reakce je nutné kompost pravidelně provzdušňovat. Po uplynutí poslední fáze, tedy fáze dozrávání, je zhotoven hrubý kompost.

Na závěr jsou dvě možnosti, jak může být s hrubým kompostem naloženo. Kompost může být rovnou využit. Takto vzniklý produkt se hodí v zemědělství a v oblastech, kde není nezbytná jemná struktura. Druhá možnost je kompost dále upravit. Nejběžnější úpravou je prosévání, čímž získáme jemný kompost a prosáté hrubé zbytky z kompostu, které lze znovu nechat projít fázemi kompostování. Zbytky kompostu mohou být využity pro očkování při dalším cyklu. Jemný kompost je balen do pytlů a saků různých velikostí, které jsou vhodnější k následnému potenciálnímu prodeji.

4.3 Faktory ovlivňující proces kompostování

Kompostovací proces ovlivňuje celá řada faktorů, mezi které je řazena např. homogenizace, výskyt půdních mikroorganismů, poměr uhlíku a dusíku, vlhkost, provzdušňování a v neposlední řadě také teplota.

Homogenizace

Jedná se o sjednocení materiálu surovinové skladby. Provádí se k zajištění optimálních podmínek a tím k zajištění kvalitního produktu. Je také vhodné některé suroviny zjemnit či narušit jejich strukturu, například drcením či sekáním. Příkladem jsou seno, sláma, větve.

Vlhkost

Vlhkost je jedním z hlavních parametrů pro správný průběh kompostování a je závislá na pórovitosti, je nutné udržovat správnou vlhkost nejen na začátku ale i v průběhu procesu. V případě, že je vlhkost vysoká, může proces přejít do anaerobních podmínek, které jsou nežádoucí. V případě suché surovinové zakládky se proces zásadně prodlužuje. Na začátku kompostovacího procesu by se měla pohybovat v rozmezí 50 až 60 % s ohledem na složení a klimatické podmínky. Další možnosti optimální počáteční vlhkosti jsou uvedeny viz Tab. 5. Obecně platí, že je jednodušší vlhkost v kompostovací hromadě zvýšit než ji snížit, proto je lepší držet se dolní hranice doporučené vlhkosti. [23]

Tab. 5 *Optimální vlhkost při kompostování [23]*

Kompost	Optimální vlhkost [%]
Zemité komposty s obsahem organických látek do 20 % v sušině (na bázi rybníčního bahna)	45-50
Komposty ze zemědělských odpadních hmot s obsahem 30-40 % organických látek v sušině	55-60
Organické komposty ze stromové kůry, dřevních odpadů, a při kompostování chlévské mrvy se zemínou, kdy obsah organických látek v sušině je v rozmezí 50-70 %	60-70

Provzdušňování

Provzdušňování je při procesu kompostování považováno za stěžejní faktor. Může být využito aktivního provzdušňování, pod které spadá využití ventilátorů a pasivní provzdušňování zahrnuje volné pronikání vzduchu. Na principu komínového efektu, kdy teplý vzduch stoupá k vrcholu a studený je nasáván ze spodní části hromad.

Poměr uhlíku a dusíku

Správný poměr C:N spolu s vlhkostí jsou nejdůležitější vlastnosti při zakládání zakládky. Jedná se o parametr rychlosti rozkladu látek. Uhlík je zdrojem energie mikroorganismů a dusík je nepostradatelný při jejich rozmnožování. Optimální hodnota poměru C:N je 30:1 až 35:1, vhodný interval se pohybuje v rozmezí 25:1 až 40:1. [16]

Půdní organismy

Při zakládání kompostu nesmíme zapomenout naočkovat kompost půdními organismy. Přítomnost můžeme zajistit přimícháním zeminy nebo již vzniklého kompostu do nového.

Teplota

Pro správný proces kompostování je nutné zajistit správnou teplotu pro množení mikroorganismů. Nejdůležitější jsou termofilní mikroorganismy, které vyžadují teplotu mezi 45 °C až 60 °C. Při této teplotě také dochází k ničení plevelů a patogenních bakterií. [16]

4.4 Hodnocení kvality výstupu ze zařízení

Výstupem z kompostárny je kompost, což je homogenní hmota hnědé až černé barvy, jehož struktura je drobovitá. Kompost musí splnit dané požadavky a kritéria výsledného produktu, které předepisuje legislativa. Konkrétně vyhláška o nakládání s bioodpady.

Kontrola výstupů:

- Limitní koncentrace rizikových prvků.
- Účinnost hygienizace.
- Četnost kontrol.

Limitní koncentrace rizikových prvků

Limitní koncentrace vybraných prvků pro hodnocení výstupního kompostu jsou uvedeny v Tab. 6, kde jsou pro jednotlivé třídy 2. skupiny BRO zobrazeny odpovídající hodnoty. Roztřídění do skupin je k vidění viz PŘÍLOHA III.

Tab. 6 Limitní koncentrace vybraných prvků [3]

Sledovaný ukazatel	Výstupy (skupina 2) [mg/kg sušiny]		
	Třída I	Třída II	Třída III
As	10,0	20,0	30,0
Cd	2,0	3,0	4,0
Cr _{celkový}	100,0	250,0	300,0
Cu	170,0	400,0	500,0
Hg	1,0	1,5	2,0
Ni	65,0	100,0	120,0
Pb	200,0	300,0	400,0
Zn	500,0	1200,0	1500,0

Účinnost hygienizace

Účinnost proběhlé hygienizace je posuzována dle počtu přítomných indikátorových mikroorganismů. Limitní hodnoty ve vzorku a počet zkoušených vzorků jsou uvedeny v Tab. 7. Mezi indikátorové mikroorganismy jsou řazeny enterokoky či termotolerantní koliformní bakterie.

Tab. 7 Kritéria hodnocení účinnosti hygienizace [3]

Indikátorový mikroorganismus	Výstup	Jednotky	Počet vzorků při každé kontrole výstupu		Limit (nález/ KTJ ¹)
Salmonella spp.	Rekultivační kompost/rekultivační digestát	nález v 50 g	5		negativní
Termotolerantní koliformní bakterie	Rekultivační kompost/rekultivační digestát	KTJ v 1 g	5	2	<10 ³
				3	<50
Enterokoky	Rekultivační kompost/rekultivační digestát	KTJ v 1 g	5	2	<10 ³
				3	<50

¹ KTJ kolonií tvořící jednotka

Četnost kontrol

Počet kontrol je ovlivněn množstvím vyprodukovaného kompostu. V Tab. 8 je uvedena četnost kontrol pro konkrétní případy. Pro kompostárny, které fungují celoročně musí být daný počet vzorků odebrán pro letní i zimní období. Tato podmínka neplatí pro malé kompostárny. Odebraný vzorek ke zkoušce rizikových látek by neměl mít teplotu vyšší než 40 °C a měl by být směsí vzorků, které byly odebrány z celého kontrolovaného objemu rovnoměrně.

Tab. 8 Četnost kontrol výstupů [3]

Roční produkce výstupů [t]	Počet kontrol výstupu za rok
Do 150 - malé zařízení	1
0 – 1 000	2
1 001 – 5 000	4
5 001 a více	12

4.5 Použití kompostu

Kompost je dle *nařízení vlády č. 103/2003 Sb.* hnojivo s pomalu uvolňovaným dusíkem, proto spadá pod legislativu spojenou s hnojivy. Jako je například *zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů* (dále jen „Zákon o hnojivech“) nebo *vyhláška č. 474/2008 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů*.

Při použití hnojiv na zemědělské půdy nesmí být překročeny limitní koncentrace rizikových prvků uvedených ve vyhlášce 474/2008 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva. Při hnojení nesmí vzniknout škoda na zemědělské půdě. Půda nesmí být zaplavena ani zmrzlá a veškerá použitá hnojiva musí být zaevidována. Konkrétně pro případ kompostu, kterým je hnojena půda, musí být tento do 48 hodin zapraven do půdy. [17]

Veškeré komposty, které jsou uvedeny do oběhu (prodej) musí být registrovány. Registrace se provádí dle zákona o hnojivech na ÚKZÚZ (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský), což je ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Aby mohl být kompost uveden do oběhu, musí mít obsah rizikových látek nižší, než je uveden v Tab. 9.

Tab. 9 Limitní obsah rizikových látek [17]

Prvek	Limitní obsah prvků [mg prvku/kg sušiny]
Cd	2
Pb	100
Hg	1
As	20
Cr	100
Cu	150
Mo	20
Ni	50
Zn	600

Proces registrace je zahájen vyplněním formuláře žádosti o registraci a zaplacením 3000 Kč pro zisk kolku, bez kterého je formulář neplatný. Dále je nutné registraci doplnit o přílohy, které jsou uvedeny u formuláře. Seznam příloh je veden v PŘÍLOHA IV. Při registraci musí být doložen způsob a režim vzorkování, způsob a rozsah použití hnojiva/kompostu a provozní řád. V případě, že jsou zpracovány vedlejší živočišné produkty, musí být doloženo schválení od Krajské veterinární správy. [17]

V případě kompostu z komunitního kompostování a kompostování v domácnostech, který se následně využije na vlastních pozemcích, není nutné registrovat hnojiva dle zákona o hnojivech.

5 TYPY KOMPOSTÁREN

Kompostárny pracují na podobném principu, jaký byl popsán výše. Liší se však například množstvím materiálu na jednu zakládku, kapacitou zařízení či intenzitou dějů. Tyto parametry jsou pro správnou funkci kompostárny velmi zásadní. Při volbě technologie je hlavním faktorem výběru cena. A to jak v podobě investičních nákladů, tak v podobě nákladů provozních. Typů kompostáren existuje celá řada, proto je vhodné vybrat faktor, dle kterého bude provedeno dělení. Příklady faktorů jsou:

- Velikost zařízení.
- Zpracovaný materiál (rostlinného původu, živočišného původu).
- Způsob provzdušňování.
- Technologie zpracování.

5.1 Typy kompostáren dle velikosti

Následující kapitola se věnuje rozdělení kompostáren dle velikosti. Hlavní kategorie dělení jsou kompostování v domácnostech a komunitní kompostování, dále jsou to malé kompostárny s kapacitou do 150 t/rok a nakonec velkokapacitní kompostárny.

5.1.1 Komunitní kompostování a kompostování v domácnostech

Domácí kompostování

Kompostování v domácnostech je vhodné pro rodinné zástavby či zahrady. Principem je výroba domácího kompostu z biologicky rozložitelných zbytků z domácnosti a zahrady. Výhodou jsou nízké pořizovací náklady, naopak nevýhodou je možnost tvorby nekvalitního produktu. [18]

Komunitní kompostování

Jedná se o typ, který je vhodný ke kompostování například v zahrádkářských koloniích, chatových nebo rekreačních oblastech. Principem je zkompostování rostlinných zbytků z údržby zeleně na území obce na zelený kompost (pouze rostlinného původu). Výhody a nevýhody jsou srovnatelné s domácím kompostováním. Je zde však větší riziko nekvalitní surovinové zakládky, díky nekázni většího počtu jednotlivých účastníků.

5.1.2 Malá zařízení

Malá zařízení jsou kompostárny s kapacitou do 150 t/rok, kde na jednu zakládku může být použito maximálně 10 t materiálu. Jsou prioritně určena ke zpracování odpadů rostlinného původu nejčastěji z obecní zeleně. Při provozování zařízení je nutné dodržovat obecné technické požadavky na stavbu, kde nejdůležitějším kritériem je povinnost neobtěžovat okolí zápašnými emisemi. V kompostovacím zařízení se tvoří zápašné látky, které jsou uvedeny v Tab. 10. Pachové látky vznikají činností mikroorganismů a tepelnou změnou organických látek. Produkce těchto látek může být snížena za předpokladu použití správné technologie, volby vhodného poměru C:N a pravidelného překopávání. Za splnění prahové koncentrace zápašných látek lze provozovat toto zařízení bez souhlasu k provozu od krajského úřadu. [19], [20], [21]

Tab. 10 *Prahové koncentrace zápašných látek [22]*

Zápašné látky	Prahová koncentrace [ppm]
Amoniak	0,037000
Sírovodík	0,000470
Dimetylsulfid	0,000100
Thiokresol	0,000062
Metylamin	0,021000
Etylamin	0,046000

Z hlediska zákona č. 86/2000 Sb., o ochraně ovzduší je kompostárna řazena do skupiny ostatní stacionární zdroje znečištění ovzduší. Emisní limit pro pachové látky je stanoven ve vyhlášce č. 356/2002 Sb., Obecný emisní limit pro pachové látky se liší dle umístění zařízení. Pro zdroj umístěný v obydlených částech a bez komína (případ kompostárny) se měří látky na hranici pozemku a je povolena hodnota 5 OUER/m³². Pokud je umístění mimo ochranné pásmo obce, nesmí být překročeno 20 OUER/m³. Pro představu, při pachu o hodnotě 1 OUER/m³ je možno vnímat pachovou změnu. Od množství pachové látky 3 OUER/m³ je možno pach identifikovat,

Při umisťování kompostárny je nutné dodržet 50 m vzdálenost od povrchových vod a 100 m od zdroje pitné vody. Kompostárna by měla být provozována na místě se sklonem do 3° a plocha nemusí být vodohospodářsky zabezpečena (Zákon č. 254/2001 Sb. *Zákon o vodách a o změně některých zákonů*). Zařízení by mělo být zabezpečeno proti vstupu nepovolených osob a označeno informační tabulí s kontaktem na provozovatele a provozní dobou.

Proces kompostování probíhá při teplotě nejméně 45 °C po dobu pěti dnů. V případě, že kompostovací hromada je nižší, může docházet k velkým teplotním ztrátám, tudíž je nezbytné tyto hromady pokrýt speciální textilií. Jsou nutná minimálně dvě provzdušnění během kompostovacího cyklu. Technologické požadavky jsou ošetřeny vyhláškou 341/2008 Sb., o nakládání s bioodpady (dále jen „vyhláška o nakládání s bioodpady“). Vhodné bioodpady pro malé kompostárny jsou uvedeny v tab. 11.

Vyprodukovaný kompost může být využit na vlastních pozemcích a není nutná registrace. V případě, že hnojiva budou využívána mimo vlastní pozemky, je nutné dodržet legislativní předpisy.

² OUER/m³= odour unit emission rate = jednotek zápašných emisí na metr krychlový

Tab. 11 *Vhodné suroviny do malé kompostárny [21]*

Katalogové číslo	Název odpadu
20 01	Komunální odpady – složky odděleného sběru
20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37
20 02	Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad
20 03	Ostatní komunální odpad
20 03 02	Odpad z tržišť

5.1.3 Průmyslová a velkokapacitní zařízení

Průmyslové kompostárny jsou dle zákona o odpadech zařízení na zpracování BRO s kapacitou nad 150 t/rok. Tato zařízení pracují na stejném principu jako malé kompostárny. Zařízení musí mít zpracovaný provozní řád a musí být schváleno krajským úřadem. [23]

Je nutné zajistit:

- Vodohospodářské zabezpečení plochy.
- Vážení a průběžnou evidenci surovin.
- Sociální zázemí pro zaměstnance kompostárny.
- Místo pro příjem bioodpadů.
- Místo pro přípravu a úpravu vstupních surovin a pro kompostovací proces.
- Místo pro skladování kompostu.
- Zabezpečení proti vstupu nepovolených osob.

Suroviny, které je vhodné zpracovat v průmyslové kompostárně, lze najít v příloze vyhlášky o nakládání s bioodpady. Živočišné produkty mohou být použity v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009, o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a materiály nebo odpady, které prokazatelně zlepšují kvalitu procesu nebo kvalitu výsledného výstupu.

Průmyslová kompostárna musí být vybavena zařízením pro zvlhčování, provzdušňování a také zařízením pro monitorování teploty a vlhkosti kvůli ověření správné hygienizace. Při kompostování musí být dodržena správná surovinová skladba, tzn. obsah organických látek musí být nejméně 20 %, poměr C:N 30–35:1 a vlhkost 40–60%. Ta zajistí kvalitu kompostů.

5.1.4 Další možnosti dělení kompostáren

Dle provzdušňování

Jedním z hledisek může být proudění vzduchu. Na základě tohoto parametru dělíme kompostovací proces na kompostování s nuceným provzdušňováním a na kompostování využívající přirozené proudění vzduchu. Nuceného provzdušňování dosahujeme za pomoci mechanických prostředků. Příkladem může být ventilátor, viz Obr. 7.



Obr. 7 *Provzdušnění za pomoci ventilátorů [24]*

Dle uzavřenosti systému

Dělíme je na otevřený a uzavřený. Otevřené systémy se uskutečňují v otevřeném prostoru a uzavřené systémy probíhají v uzavřeném prostoru, viz Obr. 9, čímž je zajištěno lepší řízení procesu. Další variantou může být kombinace obou předchozích případů a tou je pohyblivá střecha.



Obr. 8 *Uzavřený systém kompostování [25]*

Dle plynulosti kompostování

Na základě tohoto kritéria je kompostovací proces dělen na statický a dynamický. Statický proces není kontinuální, jedná se o jednorázové založení zakládky a ponechání na místě do ukončení. Typickým příkladem statického kompostování je kompostování v plošných hromadách, viz níže. Dynamický proces probíhá kontinuálně, na jedné straně souvisle vstupuje do reaktoru materiál ke kompostování, na straně druhé nepřetržitě vystupuje kompost. Uskutečňuje se v bioreaktorech, které mají obvykle tvar věže nebo bubnu.

Kompostovací věže mají tvar válce o průměru 8–10 m a výšce přibližně 7 m. Zařízení má horní plnění a na dně je umístěna provzdušňovací technika a vyprazdňování věže.

Provedení může být etážové, kdy je materiál rozdělen na vrstvy, což umožňuje lepší provzdušnění nebo bez etáží, s horším rozkladem organického materiálu. [26]

Kompostovací buben je zařízení, které se pomalu otáčí a tím zajišťuje pravidelnou výměnu vzduchu. Při otáčení dochází k zjemnění a homogenizaci materiálu. Trvání kompostovacího procesu vychází na 2-7 dní, problémem bývá neúplná hygienizace.

Dle doby trvání výroby

Posledním základním hlediskem je doba trvání výroby kompostu. Jsou členěny na kompostování s pomalou frekvencí, kdy proces zabere několik měsíců. A na kompostování s rychlou frekvencí, při kterém výroba zabere jen několik týdnů.

5.2 Kompostárny dle použité technologie

Kompostárny dle použité technologie dělíme na:

- **Kompostování na volné ploše**
- **Intenzivní kompostování**
- **Vermikompostování**

5.2.1 Kompostování na volné ploše

Kompostování na volné ploše je vhodné pro řízené kompostování. Můžeme jej dělit na nezastřešené a zastřešené. Plocha při kompostování bývá obvykle zpevněná a musí odpovídat podmínkám uvedeným ve vodohospodářských předpisech. Nejpoužívanější metodou kompostování na volné ploše jsou pásové nebo plošné hromady.

V případě kompostování v uzavřených halách je obvyklé, že je místo vodohospodářsky zabezpečené a vybavené ventilátory zejména kvůli zimnímu období, kdy se sráží vlhkost na stěnách a vytváří nepříznivé podmínky pro průběh kompostování. Velkou výhodou je možnost provozovat zařízení celoročně.

Kompostování na poli

Jedná se vodohospodářsky nezabezpečenou a nezpevněnou plochu. Tato metoda může být umístěna přímo na poli či louce.

Polní kompostárna

Polní kompostárna je metodou kompostování na zpevněné ploše. Výhodou je blízkost zdroje surovin a zároveň možnost aplikace hotového kompostu. Polní kompostárna není vodohospodářsky zabezpečená, ale musí splnit podmínky z nařízení vodního zákona. Podmínkou je povinnost zajistit, aby do povrchových a podzemních vod nevnikly závadné látky.

Kompostování v plošných hromadách

Tato metoda je historicky nejstarší. V minulosti byla oblíbena zejména z důvodu nevhodné mechanizace. Zakládka se skládala ze střídajících se vrstev slámy a vrstev chlévské mrvy do výšky 0,5 m a překopávána byla za pomoci orby. Proces kompostování trval 2–3 roky. Během této doby byl využíván k zemědělským účelům, a to k pěstování krmných plodin nebo zelenin. Po uplynutí doby byl kompost rozvezen. [27]

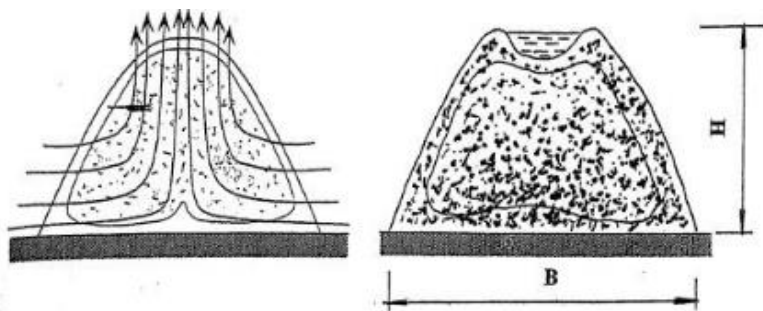
Kompostování v pásových hromadách

Metodu pásového kompostování je označována za klasickou, kdy je materiál vrstven do hromad, které mají trojúhelníkový nebo lichoběžníkový průřez a tvoří dlouhé pásy, viz obr. 10. Délka pásů je dána délkou plochy, na které je kompostárna provozována. Šířka je obvykle volena mezi 2,5 m až 4 m dle zpracovávaného materiálu a manipulační techniky. [27]



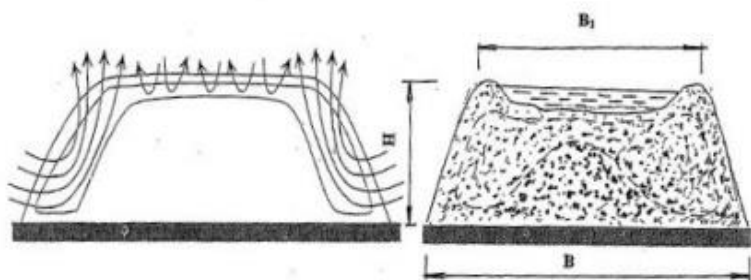
Obr. 9 Kompostování v pásových hromadách [28]

Kompostovací zakládky s trojúhelníkovým průřezem, viz Obr. 10, mají šířku mezi 2–4 m a výšku profilu až 2,2 m. Trojúhelníkový průřez umožňuje lepší podmínky pro přirozené provětrávání tzv. komínový efekt. Další výhodou hromad s trojúhelníkovým profilem je menší potřebná mechanizace. Nevýhodou je nízké využití kompostovací plochy a větší náchylnost na klimatické vlivy.



Obr. 10 Schéma trojúhelníkového profilu kompostovací hromady [29]

Šířka kompostovací zakládky s lichoběžníkovým profilem viz Obr. 11 se obvykle pohybuje v rozmezí 3–6 m. Výška se pohybuje v podobném rozsahu jako zakládka s trojúhelníkovým profilem a to 1,5–2,5 m. Nespornou výhodou je účelnější využití plochy stanoviště kompostárny a odolnost vůči klimatickým vlivům. Nevýhodou je špatné provětrávání, proto je nutné kompost častěji překopávat.



Obr. 11 Schéma lichoběžníkového profilu kompostovací hromady [29]

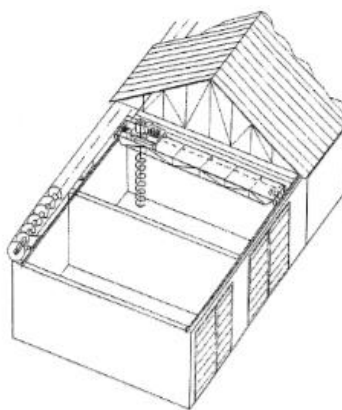
5.2.2 Intenzivní kompostování

Z pohledu probíhajícího děje je tento typ obdobný kompostování v hromadách. Zásadní rozdíl je v rychlosti průběhu děje, toho dosáhneme intenzivnějším provzdušňováním v první fázi, což vede k celkovému zvýšení teploty a následnému zkrácení doby. Procesem zintenzivnění první fáze jsou ovlivněny i další fáze procesu, a tím i zrychlení průběhu výroby kompostu.

Polouzavřená kompostovací zařízení

Jak už bylo uvedeno výše, základním principem je zintenzivnění průběhu první fáze. Tato metoda je finančně náročnější, proto se kompost po proběhnutí první fáze přesune na volnou plochu k dozrání. Mezi polouzavřená kompostovací zařízení patří boxy a žlaby.

Jednou z metod polouzavřeného kompostování jsou kompostovací boxy viz Obr. 12. Boxy jsou tvořeny betonovými deskami s obvyklými rozměry délky 20 m, 3–4 m šířky. Výška se pohybuje okolo tří metrů. Tyto boxy jsou ukryty pod střechou a každý box má otevíratelnou čelní část. Součástí zařízení je zavlažovací systém, ventilátory a překopávač nesený jeřábovou kočkou. Ventilátory provzdušňují materiál přes rošty, které jsou na dně boxů. Doba kompostovacího procesu je obvykle 2–4 měsíce. [13]



Obr. 12 Schéma kompostování v polouzavřeném zařízení [30]

Uzavřená kompostovací zařízení

Jedná se o plně uzavřená zařízení, ve tvaru boxu či válce, která mohou být tepelně izolovaná. Tyto aparáty nazýváme bioreaktory, viz Obr. 13. Provzdušňování je prováděno přívodem kyslíku odspodu, při procesu je možný jak kontinuální, tak vsádkový režim výroby kompostu. Při intenzivním provzdušňování trvá první fáze 5–7 dní. Kompost se obvykle nechává dozrát (2–4 týdny) na volné ploše. [12]



Obr. 13 Uzavřený biofermentor EWA [31]

Kompostování ve vacích

Jedná se o technologii kompostování ve vacích z polyetylenu, tedy PE-vacích. Tyto vaky jsou vyráběny přímo pro kompostování a mají odpovídající sílu stěny a strukturu povrchu. Plnění probíhá za pomoci speciálního plnicího stroje, který je možné vidět na Obr. 14. PE hadice k provzdušňování je vkládána do zakládky během plnění kompostu do vaků.



Obr. 14 Plnicí stroj pro kompostování ve vacích [32]

Vermikompostování

Vermikompostování je specifickou odnoží klasického kompostování, při kterém jsou s výhodou zapojeny žížaly do kompostovacího procesu. Při tomto procesu dochází nejen k oxidaci organických látek, následné přeměně a stabilizaci jako při běžném kompostování, ale také k přeměně látek za pomoci trávicího ústrojí žížal. Vermikompostování postrádá termofilní fázi či překopávání, aerace není prováděna za pomoci strojů, ale je zajištěna za pomoci žížal. Výsledný vermikompost má obecně lepší vlastnosti než běžný kompost. Obsahuje velké množství živin, enzymů a huminových kyselin, nespornou výhodou je ochrana rostlin před škůdci a chorobami. [33]

Při procesu je nutné zajistit vhodné prostředí pro žížaly, udržovat optimální vlhkost, udržovat stálou teplotu a zajistit dostatečný přísun biologické suroviny. V oblasti vermikompostování je možné se setkat s několika technologickými systémy. Od malých kompostérů, které jsou vhodné pro použití v domácnosti či na zahradě. Až po složité systémy vermireaktorů. Technologie kompostování za pomoci žížal lze využít i na volné ploše či v ohraničených záhonech.

6 MECHANIZACE

K výrobě kvalitního kompostu je nutné zajistit vhodné podmínky pro kompostovací proces. Tohoto docílíme využitím různých druhů mechanizace. Mezi hlavní výhody kompostovací techniky je zkrácení doby procesu a zkvalitnění konečného produktu. Platí, že čím je menší velikost částic, tím probíhá biodegradabilní proces účinněji. Na základě technologického postupu (uvedeného v kapitole 4) jsou uvedeny pracovní kroky od doby, kdy je bioodpad dopraven do komplexu kompostárny, po expedování hotového kompostu:

- Vážení materiálu.
- Úprava materiálu před uložením do zakládky – dezintegrace.
- Uložení a vrstvení materiálu.
- Promíchání a provzdušnění kompostu.
- Vlhčení zakládky.
- Finalizace, prosévání hotového kompostu.

Stroje pro výkon výše uvedených pracovních úkonů se obvykle sestavují do strojních linek, jejichž varianty jsou uvedeny níže:

Jeden energetický zdroj a přídatná zařízení

Jedná se o linku, kde je pouze jediný energetický zdroj, ke kterému lze připojit přídatná zařízení. Energetickým zdrojem může být kolový traktor nebo univerzální čelní nakladač.

Jednouúčelové stroje s vlastním pohonem

V této lince je kompostárna vybavena stroji, které jsou samojízdné. Každá pracovní operace je realizována strojem pouze pro jediný účel. Kompostovací linka se vyznačuje vyšším výkonem, na stranu druhou vyšší investiční cenou.

Kombinace předchozích variant

Kombinuje výhody předchozích řešení. K provedení pracovní operace využívá jak jednouúčelových strojů, tak mobilního energetického prostředku.

Typy linek a typické stroje využívané při procesu kompostování jsou uvedeny v Tab. 12.

Tab. 12 *Přehled strojů pro jednotlivé typy linek [autor]*

	Energetický zdroj a přídavná zařízení	Jednouúčelové stroje s vlastním pohonem	Kombinace předchozího
Dezintegrace	Kolový traktor Drtič (pohon přes hřídel)	Drtič s vlastním pohonem	Drtič s vlastním pohonem
Vrstvení materiálu na zakládku	Kolový traktor Čelní lopata	Univerzální čelní nakladač	Univerzální čelní nakladač
Překopávání kompostu	Kolový traktor Překopávač kompostu tažený	Samojízdný překopávač	Univerzální čelní nakladač Překopávač kompostu nesenný v předu
Prosévání	Rotační síto válcové s elektromotorem	Rotační síto válcové s vlastním pohonem	Vibrační rovinné síto s vlastním pohonem Pásový dopravník
Nakládání kompostu	Kolový traktor Čelní lopata	Univerzální čelní nakladač	Univerzální čelní nakladač

Vážení materiálu

Materiál, který je svážen do kompostárny musí být zvážen. Vhodnou technologií je vážit dopravní prostředek při příjezdu (i s bioodpadem) a následně jej zvážit po vyprázdnění nákladního prostoru. Rozdíl odpovídá navezenému materiálu. K tomuto účelu jsou nejvhodnější mostní automobilové váhy.

Mostová automobilová váha

Se vyrábí s váživostí 30 t s přesností 10 kg, případně s váživostí 60 t a přesností 20 kg. Mostová váha může být v provedení nájezdovém nebo zabudováním do země. Příklad mostové váhy je uveden na Obr. 15. [34]



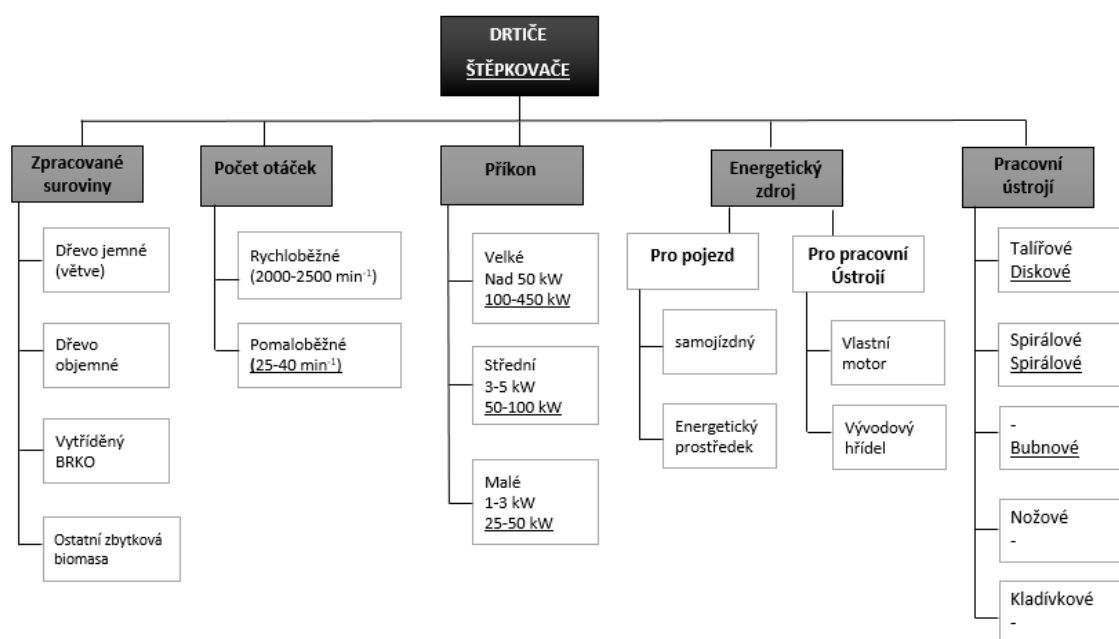
Obr. 15 Mostová automobilová váha [34]

Úprava materiálu před uložením do zakládky

Bioodpad, který chceme kompostovat, je vhodné dezintegrovat (rozdrtit, rozmělnit) pro snadnější promíchávání a homogenizaci. Nejčastěji takto upravujeme odpady kolem 50 % vlhkosti (kůra, zelená hmota, větve apod.). Pro úpravu bioodpadů drcením nebo štěpkováním se používají drtiče a štěpkovače, jejich úkolem je zjemnit materiál na menší částice na objem 0,5–5 cm³. Těchto zařízení je několik druhů a můžeme je dělit dle několika kritérií, které je uvedeno na Obr. 16. [35]

Při výběru zařízení by měla být schválena tato základní kritéria:

- Schopnost rozdrtit materiál na objem 0,5 – 5 cm³.
- Výkonnost.
- Odolnost pro opotřebení případně snadnou výměnu pracovního ústrojí.



Obr. 16 Rozdělení drtičů a překopávačů [archiv autora]

(pozn. V případě, že jsou v jednom bloku uvedeny dvě hodnoty, platí podtržená hodnota pro štěpkovače)

Drtiče

V drtiči je materiál lámán a štípán na menší částice za pomoci pracovního ústrojí. Můžeme se setkat s pracovním ústrojím talířovým, nožovým, spirálovým nebo kladívkovým, typ provedení ovlivňuje výkon a kvalitu stroje. Zjemněné částice mají nepravidelné rozměry a velký povrch, což je pro kompostování výhodné. Nejčastěji se používá na dezintegraci tenkých větví, kůry, je možné rozmělnit i nesourodý materiál, čehož se využívá při drcení BRKO.

Štěpkovače

Jsou stroje k dělení dřeva napříč i podél jeho vláken, dělení je beztrískové. Výsledný produkt štěpkování je štěpka, která má ve srovnání s nadrceným materiálem menší povrch. Nevýhodou je použití štěpkovačů výhradně pro dřevo bez příměsí. Štěpka má pravidelné rozměry, což je výhodné při spalování. Na dezintegraci má vliv pracovní ústrojí, otáčky, rychlost a způsob podávání.

Uložení a vrstvení materiálu

Uložení a vrstvení materiálu se provádí pomocí energetických prostředků. Energetické prostředky jsou zařízení, která slouží k pohonu připojitelných strojů bez energetického pohonu. Typickým příkladem energetického prostředku využívaného při kompostování je kolový traktor nebo čelní nakladač. [36]

Kolový traktor

Kolový traktor je vhodný do objektu kompostárny a musí splňovat několik kritérií. K zařízení musí být možné připojit další pracovní ústrojí, zejména čelní lopatu k manipulaci s materiálem. Další podmínkou je, aby stroj byl schopný nízké jezdové rychlosti 1–2 km/h, což je umožněno pomocí superredukční převodovky. K některým typům stroje lze přidavnou redukční převodovku namontovat dodatečně.

Čelní nakladač

Je nutné zvolit nakladač, který má dostatečný výkon a možnost připojit i další pracovní zařízení. Výhodou nakladačů bývá vybavení hydraulickým pohonem jezdů (nízká jezdová rychlost).

Při výběru zařízení by měla být zvažena tato základní kritéria:

- Schopnost dosáhnout nízké jezdové rychlosti.
- Výkon motoru.
- Snadná manévrovatelnost.
- Vývodový hřídel i v přední části.



Obr. 17 Kolový čelní nakladač [55]

Promíchání a provzdušnění kompostu

Překopávače

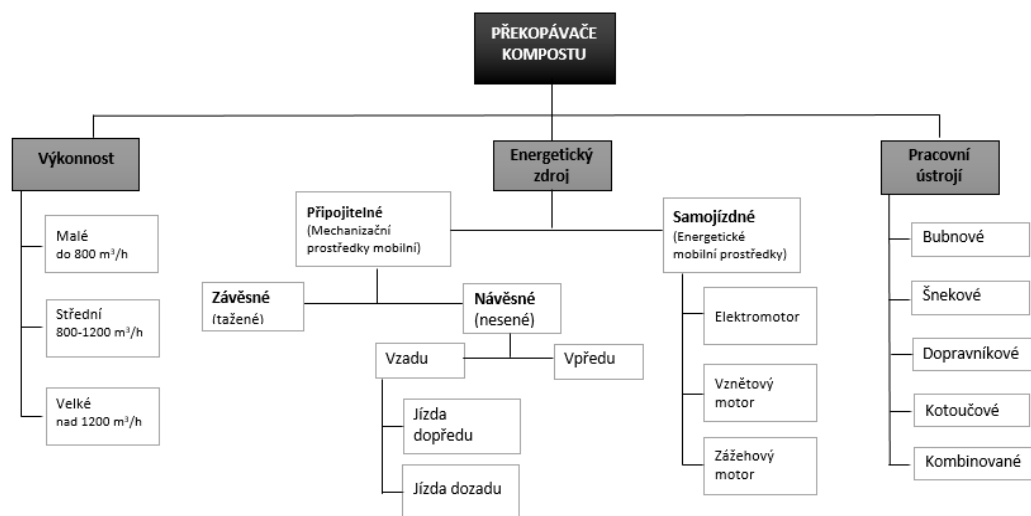
Překopávání je zásadní operací pro proces kompostování, její význam je v zajištění dostatečného provzdušnění a promíchání, tím i správné činnosti mikrobů. Překopávačů je celá řada, a proto je nutné je rozdělit. Mezi kritéria, dle kterých dělíme překopávače, patří výkonnost zařízení, energetický zdroj, agregace. Důležitým parametrem je přesun hmoty, jež má vliv na organizaci překopávání (velikost plochy, typ pracovního ústrojí). Nejvýznamnějším kritériem je typ pracovního ústrojí, které má vliv právě na stupeň aerace. Příklad překopávače je zobrazen na Obr. 18. Při výběru zařízení by měla být zvažena tato základní kritéria:

- Konstrukční parametry (šířka záběru, výška profilu).
- Výkonnost.
- Manévrovatelnost.
- Možnost připojit přídatná zařízení (fólie, vlhčení).
- Přesun hmoty do stran/dozadu.



Obr. 18 Překopávač kompostu [37]

Rozdělení a druhy překopávačů jsou uvedeny na schématu na Obr. 19.



Obr. 19 Schéma rozdělení překopávačů [archiv autora]

Prosévání a separace materiálu

Hotový kompost je vhodné upravit proséváním v případě, že obsahuje velké množství částic, které se nerozložily. Druhým důvodem může být třídění hotového kompostu, který chceme upravit kvůli expedici. K tomuto účelu slouží prosévací zařízení, která jsou vybavena sítí o různé velikosti ok. Dále mohou být vybavena čistícími kartáči k čištění sít. Ukázka rotačního prosévacího zařízení, viz obr. 20.

- Vibrační třídiče s rovinným sítem.
- Rotační rošty.
- Rotační třídiče s válcovým sítem.

Dalším typem zařízení k úpravě kompostu jsou separátory, které se obvykle využívají k třídění kompostu z BRKO. Tyto odpady obsahují velké množství příměsí, které je vhodné oddělit. Dělení nadsítné frakce se provádí na lehké příměsí, kameny nebo například kovový odpad a čistý BRO.

- Odstředivé odlučovače.
- Vzduchové třídiče.



Obr. 20 Rotační prosévací zařízení [38]

7 NÁVRH KOMPOSTÁRNY

Při návrhu kompostárny bylo využito teoretických znalostí, získaných studiem odborných článků, literatury a legislativy. Stručný teoretický přehled problematiky kompostování je uveden v předchozích kapitolách. Na základě získaných znalostí, byl zvolen následující postup při návrhu:

- Návrh vhodné surovinové skladby.
- Návrh velikosti plochy kompostárny.
- Návrh stavebního řešení.
- Návrh odpovídající techniky a mechanizace.
- Ekonomická bilance.

7.1 Návrh surovinové skladby

Při návrhu vhodné surovinové skladby je vhodné nejprve provést průzkum o dostupných druzích biologicky rozložitelných odpadů, jejich roční produkci a vlastnostech ve zkoumané lokalitě. Informace o množství a složení je možné získat z těchto zdrojů:

- Data z městských úřadů – POH, evidence produkce BRKO.
- Údaje o zemědělské produkci.
- Normativní údaje z literatury (Tab. 13).

Tab. 13 Vlastnosti vybraných odpadů [16]

pozn.: Travní hmota (dále jen „TH“)

Druh BRO	Hygienizace	Objemová hmotnost [$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$]	Vlhkost [%]	Spalitelné látky [% sušiny]	N [% sušiny]	C:N
Odpad z potravin	Ano	300–800	30–90	75–95	0,5–1,7	22–80
Prasečí kejda	Ano	950–1000	91–97	72–78	4,0–8,5	4–6
Hovězí kejda	Ano	950–1000	85–97	65–82	3,5–4,5	7–9
Kal z výroby rostl. a živočišných tuků	Ano	500–800	15–35	45–65	0,5–0,6	70–80
Odpad z porážky a zpracování zvířat	Ano	500–800	70–85	75–96	5,0–9,0	6–11
Drůbeží trus	Ano	400–550	80–92	65–76	5,0–7,5	4–6
Sláma		200–500	13–16	94–96	0,4–0,6	90–110
Piliny		200–300	40–70	98–99	0,0–0,2	100–120
Hnůj (chlévká mrva)	Ano	800–900	76–82	72–85	1,6–2,3	13–17
Chmelové mláto		500–800	70–80	78–90	1,0–1,5	26–40
Výlisky – matoliny		400–500	65–87	78–92	0,5–1,4	40–80
Listí		200–300	15–40	90–95	0,9–1,5	32–48
Kůra		200–250	40–70	94–98	0,1–0,4	95–115
Dřevní štěpky		250–350	30–35	95–98	0,0–0,2	100–120
TH z údržby trávníků		150–400	50–70	88–92	0,8–1,2	35–50
TH z neudržovaných ploch		100–200	10–35	90–95	0,8–1,5	35–45

Z dostupných surovin je nutné vybrat vhodnou kombinaci materiálů pro správný poměr uhlíku a dusíku o odpovídající vlhkosti. Přesný postup pro stanovení, těchto klíčových veličin je popsán níže. Při výběru vstupního materiálu je třeba zvážit, zda je kompostárna koncipována jako zařízení na zpracování pouze bioodpadů rostlinného původu nebo zařízení pro zpracování BRO i živočišného původu.

V případě, že vstupní surovina bude pouze rostlinná, úprava materiálu je doporučena pouze mechanická. Nejobvyklejší mechanické úpravy za účelem dezintegrace materiálu a urychlení procesu jsou drcení materiálu a štěpkování.

V případě obsahu i živočišných surovin, případně gastro-odpadů je nutné zajistit kromě mechanické úpravy, také úpravu chemickou a odpady vysokoteplotně hygienizovat. Hygienizovat materiál znamená nechat jej při teplotě 70 °C po dobu 1 hodiny, proces musí být nepřetržitě monitorován. Vhodným řešením je bioreaktor se zabudovaným měřicím zařízením. [23]

7.1.1 Vhodný poměr uhlíku a dusíku

Poměr C:N může být stanoven pro případ, že je znám obsah uhlíku a dusíku v sušině, pro tuto situaci je využita rovnice [7.1]. V druhém případě, není znám přesný obsah uhlíku, ale obsah organických látek, pro výpočet %C je využito rovnice [7.2] a poměr C:N můžeme stanovit z rovnice [7.3]. [16]

Pokud je znám poměr uhlíku a dusíku k jednotlivým odpadům, můžeme stanovit tento poměr pro celou směs, tedy surovinovou základku kompostu. Pro výpočet je využita rovnice [7.4]. [16]

a) Výpočet poměru C:N

$$C:N = \frac{\%C}{\%N} = X \quad (7.1)$$

Kde

C:N ... poměr uhlíku a dusíku [-]

%C... obsah uhlíku [%]

%N... obsah dusíku [%]

Výsledný poměr C:N má hodnotu X/1.

b) Výpočet obsahu uhlíku z množství organických látek

$$\%C = 0,51 \cdot (\%OL) + 0,48 \quad (7.2)$$

$$C:N = \frac{0,51 \cdot (\%OL) + 0,48}{\%N} \quad (7.3)$$

Kde

%OL... obsah organických látek [%]

c) Poměr C:N pro směsi

$$C:N = \frac{\sum_{i=1}^n \%C_i \cdot M_i \cdot (100 - \%VL_i)}{\sum_{i=1}^n \%N_i \cdot M_i \cdot (100 - \%VL_i)} \quad (7.4)$$

Kde

C_i ... obsah uhlíku v i-té surovině [%]

N_i ... obsah uhlíku v i-té surovině [%]

M_i ... množství i-té suroviny [t]

VL_i ... vlhkost i-té suroviny [%]

7.1.2 Vhodná vlhkost

Odpovídající vlhkost pro jednotlivé suroviny je stanoven z rovnice [7.5], tedy výpočtem rozdílu hmotností čerstvé a vysušené suroviny. Pro výpočet vlhkosti čerstvě založené zakládky (surovinové směsi) je nutné použít vztah [7.6]. [16]

a) Stanovení vlhkosti suroviny

$$VL_i = \frac{m_c - m_s}{m_c} \cdot 100 [\%] \quad (7.5)$$

Kde

m_c ... hmotnost čerstvé suroviny [g]

m_s ... hmotnost vysušené suroviny [g]

b) Stanovení vlhkosti směsi

$$V_c = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot \%VL_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \cdot 100 [\%] \quad (7.6)$$

Kde

M_i ... množství i-té suroviny [t]

$\%VL_i$... vlhkost i-té suroviny [%]

7.2 Stavební a prostorový návrh

Při návrhu celkové plochy kompostárny je určujícím parametrem velikost kompostovací plochy. Obsah kompostovací plochy je možné stanovit z kompostovaného materiálu za rok. Při výpočtech se vychází z metodiky, která byla navržena Vlastimilem Altmannem a Petrem Plívou [39]

Nejprve je nutné stanovit dle rovnice [7.7] celkové množství surovin, které budou kompostovány. Dále je vypočítána objemová hmotnost výsledného kompostu z rovnice [7.8], jednotlivé objemové hmotnosti závislé na množství jsou sečteny a tento součet je podělen celkovou hmotností.

$$M_c = M_1 + M_2 + \dots M_i \quad (7.7)$$

$$\rho_s = \frac{M_1 \cdot \rho_1 + M_2 \cdot \rho_2 + \dots M_i \cdot \rho_i}{M_c} \quad (7.8)$$

Kde

M_i ... množství i-té suroviny [t]

M_c ... celkové množství [t]

ρ_i ...objemová hmotnost i-té suroviny [t/m³]

ρ_s ...objemová hmotnost výsledného kompostu [t/m³]

Průřez kompostovací hromadou lze vypočítat z rovnice [7.9] pro trojúhelníkový profil a dle rovnice [7.10] pro lichoběžníkový profil. Volba profilu hromady pro výpočet průřezu, je stanovena dle typu překopávače.

$$A = \frac{B \cdot h}{2} \quad (7.9)$$

$$A = \frac{(B + B_1) \cdot h}{2} \quad (7.10)$$

Kde

A ... průřez kompostovací hromadou [m²]

B_1 ... horní šířka pásové hromady (lichoběžníkový profil) [m]

B ... šířka základny pásové hromady [m]

h ...výška pásové hromady[m]

Potřebnou kompostovací plochu můžeme stanovit ze vztahu [7.11]. Kde je číselník tvořen násobkem celkové hmotnosti a doby potřebné pro 1 kompostovací cyklus a ve jmenovateli je celková objemová hmotnost násobkem objemu kompostu (stanovený ze vztahu [7.12]) a konstantou 52, jež odpovídá počtu týdnů v roce.

$$S = \frac{M_c}{\rho_s} \cdot \frac{T}{52} \cdot \frac{1}{P} \quad (7.11)$$

$$P = \frac{(A \cdot L)}{(B \cdot L)} = \frac{A}{B} \quad (7.12)$$

Kde

S ... potřebná plocha kompostovací hromady [m^2]

T ... doba trvání 1 kompostovacího cyklu [týdny]

P ... objem kompostu [kg/m^3]

L ... délka kompostovací hromady [m]

Celková plocha kompostárny je určena na základě vypočítané potřebné plochy pro kompost, zvětšené o pracovní mezery pro otáčení překopávačů a zařízení pro manipulaci s kompostem. V potaz je nutné brát i další pracovní plochu pro další činnosti a na plochy pro vybavení kompostárny:

- Plocha pro uskladnění navezené suroviny a hotového kompostu.
- Plochy pro nadzemní objekty (garážování techniky, sociální a administrativní budova).
- Plocha pro manipulaci s mechanizací.

7.2.1 Návrh stavebního řešení

Při návrhu kompostárny je třeba brát v úvahu, že každá kompostárna je individuální a je třeba tak přistoupit i ke stavebnímu návrhu. S výhodou lze například využít již připravených prostor, jako jsou nepoužívané silážní jámy, čímž je vyřešen problém se zpevněnou plochou. V případě malých kompostáren je výhodné spojit některé inženýrské objekty jako například skladovací prostory, sociální zázemí či zastřešení pro mechanizaci s již fungujícím zařízením obdobného zaměření. Pro provozování kompostovacího zařízení je nutné vyřešit i další inženýrské objekty, které jsou detailně popsány níže.

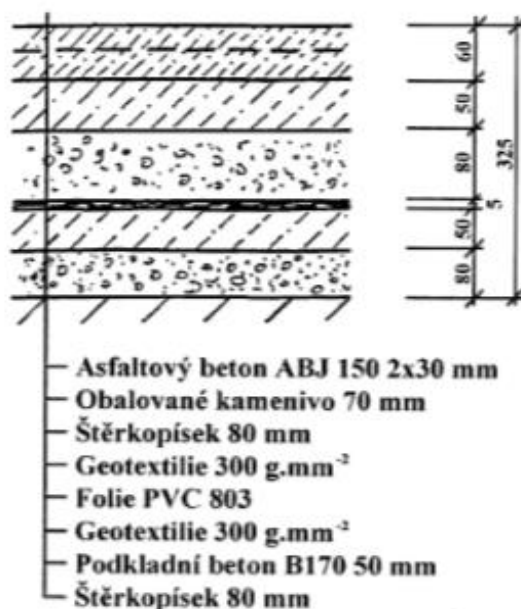
Plocha kompostárny

Plocha kompostárny je složena z několika klíčových ploch. Kompostovací plochy, která je nutná a manipulační plochy, která je nezbytná pro pohyb strojů mezi kompostovacími hromadami. Návrh provozní plochy je stanoven na základě velikosti kompostárny, případně dle surovinové skladby. Probíhají zde nezbytné pracovní úkony, jako například příprava suroviny nebo uskladnění suroviny či kompostu. Všechny tyto plochy jsou stavebně řešeny tak, aby umožnily pohyb odpovídajících strojů.

Pro malé zařízení do 150 t stačí zpevnit povrch pozemku zhutněním hlíněné plochy, zhutnění musí být dostatečné pro pohyb mechanizace po zařízení.

Pro velké kompostárny musí být povrch zpevněn a vodohospodářsky zabezpečen. Vodohospodářsky zabezpečená plocha může být řešena dle Obr. 21 a je složena z několika

vrstev. Hlavní skupinu tvoří podkladová část a PVC folie, která zajišťuje ochranu proti průsaku vody. Vrchní část zpevněné plochy, která bude zatěžována mechanizační technikou, je tvořena podkladovou vrstvou šterku, obalovaným kamenivem a poslední část je pokryta vrstvou asfaltového betonu.



Obr. 21 Schéma průřezu zpevněné a vodohospodářsky zabezpečené plochy [30]

Boxy na uskladnění kompostu

Pro vzniklý kompost je třeba navrhnout prostor pro uskladnění. Nejvhodnější je plochu rozdělit na menší boxy, aby byly odděleny jednotlivé zakládky. Řešením může být vystavění obvodových zdí ze 3 stran. Případně využít betonových panelů pro sestavení potřebných ohrad.

Oplocení

Oplocení kompostárny je nutné pro všechny typy bez ohledu na velikost. Pro oplocení je obvykle použito poplastované pletivo bez podezdívky. Vjezdová brána musí velikostí odpovídat nákladním automobilům, které budou odpad přivážet. Objekt může být doplněn o branku pro pěší.

Silniční váha

Při návrhu nosnosti váhy je vycházeno z informací o dopravních prostředcích, které budou bioodpad do zařízení dovážet. Vhodné místo pro váhu je u příjezdové brány a administrativní budovy, kde bude dovezený odpad evidován. Pro malou kompostárnu není váha nutným vybavením, při evidování postačí vycházet z objemu nákladního prostoru dopravního prostředku.

Jímka

Jímka je nezbytným vybavením pro kompostárnu s vodohospodářsky zabezpečenou plochou. Jímka je bezodtoková a slouží k zachycení veškeré srážkové vody, musí mít takovou kapacitu, aby byla schopna pojmout vodu z patnácti minutového přivalového deště a

dešťových srážek za 2 měsíce. Voda z jímky může být využita na vlhčení kompostovacích hromad.

Nejprve je nutné stanovit celkový odtok ze zaplněné a manipulační plochy dle [7.13]. Odtok ze zaplněné plochy je vypočítán ze vztahu [7.14], kde vyhážíme z předpokladu, že kompost zachytí 75 % podílu srážek. Odtok z manipulační plochy můžeme určit ze vztahu [7.15], kde uvažujeme odpar 30 %. Ze vztahu [7.16] je za předpokladu průměrných ročních srážek odhadnut odtok za dva měsíce. [16]

$$Q_c = Q_z + Q_m \quad (7.13)$$

$$Q_z = S_z \cdot \frac{H_r}{1000} \cdot \frac{100 - H_z}{100} \cdot \frac{100 - H_{Ez}}{100} \quad (7.14)$$

$$Q_m = S_m \cdot \frac{H_r}{1000} \cdot \frac{100 - H_{Em}}{100} \quad (7.15)$$

$$Q_{2m} = Q_c \cdot \frac{2}{12} \quad (7.16)$$

Kde

Q_c ... celkový odtok ze zaplněné a manipulační plochy [m^3 / rok]

Q ... odtok z plochy [m^3]

S ... rozloha zpevněné plochy [m^2]

H_r ... průměrný roční úhrn srážek [mm]

H_z ... podíl srážek zachycených v kompostu [%]

H_E ... odpar z ploch [%]

Q_{2m} ... odtok ze zaplněné a manipulační plochy za 2 měsíce [m^3]

Dolní indexy: z ... pro zaplněnou plochu

m... pro manipulační plochu

Odtok z patnácti minutového přívalového deště, je stanoven dle vztahu [7.17]. Který je součtem odtoků přívalového deště z manipulační plochy, který můžeme vypočítat dle [7.19] a odtoku přívalového deště ze zaplněné plochy vypočteného na základě vzorce [7.18]. [16]

$$Q_d = Q_{dz} + Q_{dm} \quad (7.17)$$

$$Q_{dz} = 0,9 \cdot S_z \cdot q_d \cdot \varphi \cdot \left(\frac{100 - H_z}{100} \right) \quad (7.18)$$

$$Q_{dm} = 0,9 \cdot S_m \cdot q_d \cdot \varphi \quad (7.19)$$

Kde

Q_d ... celkový odtok přívalového deště ze zaplněné a manipulační plochy [m^3]

H_z ... odpar z ploch [%]

q_d ... specifická intenzita patnácti minutového deště [$\text{l/s} \cdot \text{ha}$]

φ ... součinitel odtoku z výrobní plochy (pro sklon 1-5 % volíme hodnotu 0,8) [-]

Dolní indexy: z ... pro zaplněnou plochu

m... pro manipulační plochu

Potřebná kapacita jímky se je stanovena součtem celkového odtoku přívalového deště ze zaplněné a manipulační plochy a odtoku ze zaplněné a manipulační plochy za 2 měsíce.

Provozní objekt

Při návrhu provozního objektu, je třeba zajistit sociální zázemí pro zaměstnance a kancelář pro administrativní problematiku provozu, příjem a evidenci bioodpadů. Sociální zázemí by mělo být vybaveno WC a sprchou. Objekt by měl být umístěn u vstupní brány, tím je zajištěno, aby dopravní vozy neprojížděli celým objektem. Provozní objekt není povinnou výbavou kompostárny.

Přístřešek pro mechanizaci

Při navrhování se vychází z rozměrů vybraných strojů v kompostárně. Je vhodné, aby byl uzavřený pro ochranu před nepříznivým počasím a uzamykatelný na ochranu před nepovolanými osobami. Nejvhodnější a nejlevnější variantou je zhotovit přístřešek z ocelové konstrukce a oplástit jej.

Inženýrské sítě

Při návrhu vodovodní přípojky s pitnou vodou je třeba vzít v úvahu, zda je v objektu provozní budova se sociálním zázemím. V případě, že provozní budova není přítomna, nemusí být vodovod přiveden. Zdrojem vody pro vlhčení kompostu je bezodtoková jímka, není nutné kvůli vlhčení přivést vodovod.

Při řešení odpadních vod vycházíme ze stejné myšlenky jako při návrhu vodovodů. Pokud je provozní budova přítomna je nutné tuto problematiku vyřešit. Jednou variantou je odvod odpadní vody do jednotné splaškové kanalizace druhou variantou je jímka na vyvážení (jedná se o jinou jímku, než je bezodtoková jímka na dešťovou vodu pro kompostovací plochu).

Při návrhu elektrické sítě, musíme zvážit veškerá zařízení a objekty, jejichž chod je závislý na elektrické energii. Mezi budovy patří provozní budova a zastřešení strojů. Některé stroje mohou být poháněny elektrickou energií, je nutné tento fakt při návrhu neopomenout. V neposlední řadě se jedná o osvětlení objektu.

7.3 Návrh odpovídající techniky a mechanizace

Při návrhu strojního a technického vybavení je vhodné si celý proces výroby kompostu rozdělit na několik jednotkových operací a ujasnit si, jaké stroje budou pro výrobu kompostu

v námi navrhované kompostárně potřebné. Rozdělení bylo provedeno v kapitole 6 Mechanizace, kde je také uveden detailnější popis mechanizace, typů strojů a typů linek. V této podkapitole bude vyřešena problematika návrhu výkonnosti strojů.

Při výpočtu strojů musíme znát některé vstupní parametry, jako je kapacita kompostárny, počet cyklů a délka jednoho cyklu, objemovou hmotnost, hmotnostní ztrátu zpracovaného materiálu a množství vyrobeného kompostu, které vypočítáme ze vztahu [7.20]. Dalším významným ukazatelem je fond pracovní doby [7.21], který vychází z předpokladu, že stroj je denně nasazen maximálně 6 hodin, zbylý čas je věnován údržbě a prostojům ovlivněným organizační činností.

Významný faktor pro hodnocení vhodnosti stroje je roční nasazení, které by nemělo klesnout pod 200-300 hod/rok z důvodů ekonomických. V případě, že se roční nasazení strojů pohybuje pod nevhodnou hranicí, je nutné provést korekci a vybrat stroj s jinou výkonností. [16]

$$M_k = M_m \cdot \frac{m_z}{100} \quad (7.20)$$

$$t = t_c \cdot 5 \cdot 6 \quad (7.21)$$

Kde

M_k ... množství kompostu [t]

M_m ... množství zpracovaného materiálu [t]

m_z ... hmotnostní ztráta suroviny [%]

t_c ... doba trvání cyklu [týdny]

t ... fond pracovní doby [hod]

Nejprve je nutné navrhnout klíčový stroj, obvykle se jedná o nejdražší stroj, nejvýkonnější, případně nejdůležitější stroj pro proces. Na kompostárně je klíčovým zařízením překopávač, jenž ovlivňuje délku cyklu a kvalitu kompostu.

Překopávač

Při návrhu překopávače vycházíme z celkového množství překopávaného množství bioodpadů. Je nutné, aby byl typ překopávače (samojízdný/nesený) vybrán před návrhem potřebné plochy, protože má velký vliv na velikost manipulační plochy.

Musí být zjištěno celkové množství materiálu, které bude zpracováno za pomoci překopávače, využijeme vztah [7.22], do kterého potřebujeme vypočítat množství materiálu na jeden cyklus [7.23]. [16]

$$M_p = M_{1cycl} \cdot p \quad (7.22)$$

$$M_{1cycl} = \frac{M_K}{c} \quad (7.23)$$

Kde

M_p ... množství kompostu k překopání [t]

M_{1cycl} ... množství zpracovaného materiálu v jednom cyklu [t/cykl]

p ... počet překopávek v cyklu [-]

c ... počet cyklů [počet/rok]

Nutnou hodinovou výkonnost zařízení vypočteme z rovnice [7.24], pro další výpočty je nutné hodinovou výkonnost převést z [t/hod] na [m3/hod]. A k vypočítané výkonnosti stroje je vhodné navýšit výkonnost o rezervu, která je v rozsahu 30–40 %.

Vhodnost zvoleného překopávače ověříme výpočtem ročního využití [7.25], které je podílem celkového překopaného množství za rok [7.26] a výkonností překopávače navýšeného o rezervu. [16]

$$V_{pr} = \frac{M_p}{t} \quad (7.24)$$

$$RV = \frac{M_{kp}}{V_{pr}} \quad (7.25)$$

$$M_{kp} = M_k \cdot p \quad (7.26)$$

Kde

V_{pr} ... výkonnost překopávače [t/hod]

M_{kp} ... celkové překopané množství za rok [t]

RV ... roční využití [hod/rok]

Pokud roční nasazení navrhovaného drtiče výrazně převyšuje doporučenou hodnotu, je volena vyšší výkonnost. Případně se zvolí dva stroje s nižší výkonností.

Nakladač

Dalším významným strojem je nakladač, který je využíván při vrstvení zakládek, při manipulaci s hotovým kompostem, také po každé překopávce, kdy je nezbytné opravení profilu hromady. Výběr vhodného nakladače vychází z předpokladu, že nakládka kompostu odpovídá 35–40 % využití nakladače. Zbytek úkonů nakladače je nasazení pro ostatní činnosti.

Množství nakládky v jednom cyklu je spočteno dle vzorce [7.20], které odpovídá 40 % pracovního nasazení. Dále je dopočítáno zbylé množství ostatního materiálu pro nakladač [7.27]. Celkové množství je dle vztahu [7.28] součtem těchto hodnot, celkové množství je přepočítáno na objem a z celkového objemu je dále určena hodinová výkonnost [7.29]. [16]

$$M_{Nost} = \frac{M_{1cycl}}{40} \cdot 60 \quad (7.27)$$

$$M_N = M_{Nost} + M_{1cycl} \quad (7.28)$$

$$V_{nakl} = \frac{M_N}{t} \quad (7.29)$$

Kde

V_{nakl} ...výkonnost nakladače [m^3/hod]

M_N ...celkové množství nakládaného materiálu [t]

M_{Nost} ... množství ostatního nakládaného materiálu [t]

Pro nakladač určíme roční využití, které je podílem celkového ročního objemu a vypočítané výkonnosti. Roční využití by se mělo pohybovat kolem 1000 hod/rok.

Drtič, štěpkovač, prosévací zařízení

Pro zjištění potřebné výkonnosti těchto tří zařízení pro úpravu materiálu bylo využito stejného postupu při navrhování. Nejprve bylo zjištěno, jaké množství bude zpracováno (upraveno).

Při výpočtu bude vycházeno z celkového množství zpracovaného materiálu. Postup při výpočtu je obdobný jako při návrhu výkonnosti překopávače. Nejdříve je určeno množství zpracovaného materiálu v jednom cyklu podle rovnice [7.30], poté je vypočítána nezbytná hodinová výkonnost [7.31]. Výsledek je nutné převést na [m^3/h] a připočítat 30% rezervu. [16]

$$M_{Zykl} = \frac{M_z}{c} \quad (7.30)$$

$$V_{zařaize} = \frac{M_{Zykl}}{t} \quad (7.31)$$

Kde

M_z ...množství materiálu k úpravě [t]

M_{Zykl} ... množství zpracovaného materiálu v 1 cyklu [t]

$V_{zařaize}$...výkonnost zařízení na úpravu materiálu [t/hod]

Správnost vypočítané a navýšené výkonnosti o rezervu ověříme výpočtem ročního využití. Roční využití drtičů i štěpkovačů by se mělo pohybovat kolem 500 h/rok. Pokud roční nasazení navrhovaných strojů výrazně převyšuje doporučenou hodnotu, je volena vyšší výkonnost.

7.4 Ekonomické posouzení

Investiční náklady

Investiční náklady jsou děleny na tři hlavní skupiny, náklady na výstavbu, náklady na technologické a strojní vybavení a náklady na drobné vybavení.

V nákladech za výstavbu tvoří hlavní položku nákup a zpevnění plochy. Dále jsou pod náklady na výstavbu řazeny náklady na výstavbu jímky, administrativní a sociální budovu a inženýrské sítě. Ceny za stavební práce, lze navrhnout dle průměrných cen stavebních prací dostupných veřejnosti. Další významnou sekci tvoří náklady na mechanizaci,

jedná se o nacenění jednotlivých strojů. Cenovou nabídku konkrétního stroje lze poptat u výrobce, je nutné znát potřebnou výkonnost.

Provozní náklady

Provozní náklady zahrnují náklady na celoročního fungování zařízení. Dělíme je na variabilní, které se mění s množstvím vyrobeného kompostu a fixní, které jsou neměnné.

Významnou položkou variabilních nákladů jsou náklady na pohonné hmoty strojů, jejichž spotřeba se odvíjí od pracovního nasazení. Náklady na stroje jsou závislé na množství zpracovaného materiálu. Mzdy zaměstnanců, kteří obsluhují stroje jsou řazeny pod variabilní náklady.

Fixní náklady jsou tvořeny mzdovými náklady zaměstnanců, jejichž práce se neodvíjí od množství zpracovaného materiálu. Dále sem řadíme náklady na reinvestice, údržbu objektů a vybavení zaměstnanců.

Příjmy

Příjmy jsou v kompostárně tvořeny zejména provozně hospodářskou činností, tedy tržbami z prodeje. Prodávaný kompost je jedním z hlavních zdrojů příjmů, druhou položkou je výnos za zpracovaný biologický odpad.

Ekonomické zhodnocení

Pro ekonomické zhodnocení investic, je nejvhodnější využít diskontovanou dobu návratnosti, která zahrnuje i ztrátu hodnoty peněz. Nejdříve je nutné vypočítat diskontovaný peněžní tok ze vztahu [7.30] a dle rovnice [7.31] a vstupní investici vydělit vypočteným diskontovaným peněžním tokem. Výsledkem je doba návratnosti peněz. [56]

$$DCF = \frac{CF}{(1+r)^{rok}} \quad (7.30)$$

$$T_{ds} = \frac{IN}{DCF} \quad (7.31)$$

Kde

DCF ...diskontovaný peněžní tok [$Kč / rok$]

CF ... peněžní tok (cash flow) [$Kč / rok$]

r ...diskont [-]

rok ...rok, kterému počítáme DCF [rok]

IN ... vstupní investice [$Kč$]

T_{ds} ... diskontovaná doba návratnosti [rok]

8 TECHNICKO-EKONOMICKÉ MODELY

Technicko-ekonomický model slouží k simulaci reálného zařízení v teoretické rovině, kde jsou brány v úvahu jak technické parametry, tak parametry ekonomické. Výstupem z modelu je úvaha o schopnosti zařízení být provozováno v technické, technologické a ekonomické rovině.

8.1 Popis navrženého modelu a návod k obsluze

Technicko-ekonomický model byl vytvořen v programu Excel, jehož funkce byly plně dostatečné pro navržení modelů kompostáren a demonstrování zkoumaných scénářů. V programu excel bylo s výhodou využito funkce vykreslování grafů pro názornost výsledků. Další nespornou výhodou je dostupnost toho programu pro běžné uživatele.

Při vytváření modelu kompostárny bylo postupováno dle kapitoly 7 a byla využita sekvenční metoda řešení úloh, kdy jsou postupně řešeny a vyčíslovány jednotkové operace. Model byl vytvořen, tak aby jeho využití bylo co nejuniverzálnější. Obsahuje velké množství vstupních parametrů, které se dají libovolně měnit, případně vynechat úplně, čímž vzniká prostor pro vytvoření jednoduššího modelu.

Hlavním výstupem z modelů bude výsledná celková cena za tunu zpracovaného odpadu a cena za zpracování jednotlivých frakcí. Proměnné, které zásadně ovlivní výslednou cenu je zpracované množství odpadu a surovinová skladba.

Aby bylo možné analyzovat náklady na zpracování, byly vytvořeny dva modely. Malá kompostárna pro zpracování maximálně 150 t odpadů za rok a velkokapacitní kompostárna pro zpracování maximální 20 000 t odpadů za rok. V případě malého zařízení byl model vytvořen pro zpracování pouze zelených odpadů, v případě kompostárny velkokapacitní bylo navrženo řešení i pro odpady, které je třeba před kompostováním hygienizovat. Pro každý model bylo vytvořeno několik scénářů, na jejichž základě lze porovnat výsledky.

V následující kapitole je popsán návod pro práci s modelem.

8.1.1 Zakládka kompostu

Model je koncipován jako univerzální zařízení bez zohlednění lokality a produkce odpadů pro konkrétní místo, proto jsou vlastnosti jednotlivých odpadů brány jako průměrné hodnoty z literatury viz Tab. 13. Pro použití modelu pro reálný provoz je nutné tyto vlastnosti upravit pro konkrétní předmětnou oblast.

Pro popis fungování návrhu surovinové skladby a zakládání kompostu je část tabulky z modelu uvedena v Tab. 14. Lze simulovat různé varianty dostupných BRO, a tedy uživatelsky volit různé složení pro zakládku kompostu, vyplněním v tabulce kolonky ANO/NE.

Při zakládání kompostu je nezbytná úprava materiálu, která je v modelu také zahrnuta. Volba úpravy suroviny je důležitá pro budoucí vyčíslení zpracovatelských cen za tunu odpadu. Jedná se o následující možnosti úpravy:

- Štěpkování.
- Drcení.
- Bez úpravy.
- Hygienizace.

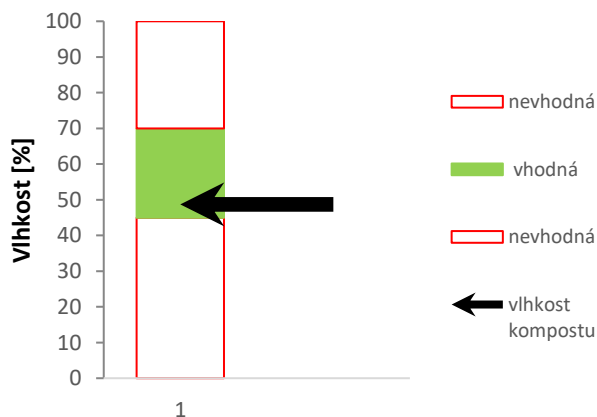
Navržený model je vhodný, jak pro zařízení s rostlinnou skladbou surovin, tak pro vedlejší živočišné suroviny. Pokud je v kompostárně zpracován odpad z vedlejší živočišné produkce, musí být vysokoteplotně hygienizován. V Tab. 14 je nutné do sloupce chemická úprava vyplnit slovo ANO, pokud není nutné odpad chemicky upravit, políčko zůstane prázdné.

Vlastnosti daných odpadů, jako vlhkost, poměr uhlíku a dusíku konkrétního odpadu jsou získány z Tab. 13. Na základě těchto hodnot nástroj k navržení surovinové skladby dopočítá poměr C:N směsi a vlhkost směsi.

Tab. 14 Ukázka řešení surovinové skladby v modelu [autor]

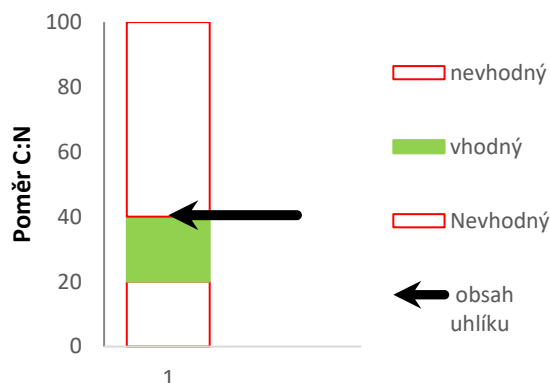
	Druh	Mechanická úprava	Chemická úprava	Množství [t]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Poměr C:N	Vlhkost [%]
ANO	Dřevo	Štěpkování		1 000	300	100:1	33
ANO	BRKO	Drcení	Ano	4 000	600	25:1	50
ANO	Listí	Bez úpravy		1 000	250	35:1	30
ANO	Kal z ČOV	Bez úpravy	Ano	3 000	1 000	34:1	70
ANO	Sláma	Bez úpravy		1 000	300	60:1	13
ANO	Gastroodpad	Drcení	Ano	500	600	60:1	60
ANO	Piliny	Bez úpravy		10	250	110:1	55

Celková vlhkost surovinové skladby se musí pohybovat v rozmezí 45–70 %. V případě, že vlhkost vyjde nižší, než je požadovaná hodnota, je nutné upravit složení. Úprava je provedena navýšením obsahu látky s vysokým obsahem vlhkosti nebo snížením obsahu látky s nízkou vlhkostí. Množství surovin měníme, dokud není vlhkost ideální. Pokud vlhkost vyjde vyšší, než je požadovaná hodnota, je provedena úprava navýšením obsahu látky s nízkým obsahem vlhkosti nebo snížením obsah látky s vysokou vlhkostí. Ukazatel vlhkosti v modelu je uveden na Obr. 22, kde šipka je pohyblivá a ukazuje aktuální vlhkost uživatelsky zvolené směsi.



Obr. 22 Ukazatel vlhkosti v modelu [archiv autora]

Celkový poměr C:N surovinové skladby se musí pohybovat v rozmezí 20–40:1. Ukazatel uhlíko-dusíkového poměru v modelu je uveden na Obr. 23, šipka reaguje na aktuálně uživatelsky zvolenou směs. V případě, že poměr vyjde nižší či vyšší, než je požadovaná hodnota, je nutné upravit celkové složení směsi podle stejné analogie jako v případě vlhkosti.



Obr. 23 Ukazatel poměru C:N z modelu [archiv autora]

8.1.2 Výpočet plochy kompostárny a stavební řešení

Pro návrh velikosti plochy kompostárny bylo využito postupu z kapitoly 7.2. Potřebná velikost je navržena pro maximální kapacitu kompostárny. Model je koncipován pro výpočet plochy, jak pro hromady trojúhelníkového profilu, tak pro výpočet plochy s hromadami lichoběžníkového profilu – záleží na zadání uživatele. Dále je umožněno vybrat vhodný typ překopávače (nesený, samojízdný překopávač), pro výpočet.

Pro stanovení potřebné kompostovací plochy, je nutné vyplnit informace o základních rozměrech kompostovacích hromad a délce kompostovacího cyklu. Ukázka výpočtové tabulky z modelu je uvedena v Tab. 15. Dalšími vstupy jsou vypočítané parametry z Tab. 14, která slouží pro zakládku kompostu. Prvotní odhad délky rozměrů pozemku je stanoven, za předpokladu, že je doplněna informace o počtu hromad. Dále model propočítá druhý rozměr a minimální plochu pro oba typy překopávačů.

Tab. 15 Ukázka výpočtového řešiče plochy [autor]

Výpočet potřebné kompostovací plochy a prvotní odhad délky		
	Trojúhelníkový profil	Lichoběžníkový profil
Výška pásové hromady [m]	1,5	1,2
Šířka pásové hromady zákl. [m]	3,0	5,0
Horní šířka pás. Hromady [m]	-	2,0
Velikost plochy průřezu [m ²]	2,3	4,0
Objem kompostu [m ³ /m ²]	0,8	0,8
Počet cyklů [-]	5,0	5,0
Délka kompostovacího cyklu [týdnů]	10,0	10,0
Potřebná kompostovací plocha [m ²]	13 694,0	12 227,0
Počet hromad [-]	20,0	20,0
Délka hromady [m]	228,0	122,0
Navýšení délky o místo pro otáčení strojů [m]	5,0	5,0
Prvotní odhad délky kompostárny[m]	238,0	132,0

Výpočet minimální plochy pro lichoběžníkový profil		
	VARIANTA A Nesený překopávač	VARIANTA B Samojízdný překopávač
Šířka uličky [m]	2,5	0,5
Šířka na okraji plochy [m]	2,0	2,0
Šířka plochy [m]	152,0	114,0
Minimální plocha pozemku [m ²]	19 998,0	14 982,0

Aby byly zohledněny i další stavební objekty a model mohl dopočítat celkovou plochu a rozměry kompostárny, je nutné v Tab. 16 zvolit, pro který typ překopávače byla stanovena minimální plocha pozemku z Tab. 15 pro navrhovanou kompostárnu. V modelu lze volbu uskutečnit změnou písmene A/B v doplňkové tabulce, viz Tab. 16.

Doplňkovou tabulku je nutné dále vyplnit informacemi o rozměrech objektů. Pokud na kompostárně nějaký objekt nebude realizován, zůstane v tabulce s nulovou hodnotou. Může nastat i případ, že návrh kompostárny bude velmi jednoduchý a nebudou žádné další objekty, proto se minimální plocha pozemku bude rovnat i celkové ploše. Tato varianta je možná u kompostárny s malou kapacitou, tj. do 150 t/rok.

Tab. 16 Doplňková tabulka – provozní plocha [autor]

Volená varianta dle překopávače	A
Plocha pro budovu [m ²]	30
Plocha pro halu pro garážování [m ²]	120
Plocha pro mostovou váhu [m ²]	50
Plocha pro boxy na skladování kompostu [m ²]	50
Plocha pro úpravu surovin [m ²]	150
Jímka [m ³]	50
Provozní plocha celkem [m ²]	400

Jímka

Pro zjištěnou velikost plochy je nutné navrhnout objem potřebné jímky, k výpočtu této hodnoty je připraven kalkulátor, jehož část je uveden v Tab. 17. Jímka je navrhována na základě dvou parametrů, tj. odtoku za dva měsíce a odtoku při patnácti minutovém přívalovém dešti. Postup pro sestavení výpočtové jednotky vychází z kapitoly 7.2.1.

Pro fungování této jímkové kalkulačky je nutné zadat procentuální odpar ze zaplněné i manipulační plochy a podíl srážek zachycených v kompostu. Po vyplnění těchto hodnot, model dopočítává potřebný objem.

Tab. 17 Ukázka z kalkulátoru jímky [autor]

Výpočet odtoku za 2 měsíce	Hodnota
Rozloha zaplněné plochy [m ²]	6 998
Odpar ze zaplněné plochy [%]	50
Podíl srážek zachycených v kompostu [%]	75
Průměrný roční úhrn srážek [mm]	600
Odtok ze zaplněné užité plochy [m ³]	525
Rozloha manipulační plochy [m ²]	1 860
Odpar z manipulační plochy [%]	30
Průměrný roční úhrn srážek [mm]	600
Odtok z manipulační plochy [m ³]	781
Celkem odtok z ploch za rok [m ³ /rok]	1 306
Odtok za 2 měsíce [m ³]	217

8.1.3 Návrh odpovídající techniky a mechanizace v modelu

Model byl navržen tak, aby vypočítal výkonnost každého stroje. Detailní popis algebraických vztahů, na jejichž principu nástroj pro návrh výkonnosti strojů pracuje, je uveden v kapitole 7.3. V modelu byly stroje navrženy pro případ maximální roční kapacity kompostárny. V případě překopávače a nakladače byl návrh proveden z maximálního množství zpracovaného kompostu. Drtič byl navržen za předpokladu drcení poloviny zpracovaných surovin při maximálním zpracovaném množství. Pro stanovení výkonnosti prosévacího zařízení byl stroj navržen pro prosévání maximálně 50 % kompostu při plném zatížení kompostárny.

V Tab. 18 je ukázka výpočtové jednotky pro určení výkonnosti překopávače. Světle zelenou barvou jsou zvýrazněny položky, které je třeba vyplnit, aby nástroj mohl provést výpočet. Výsledkem je navrhovaná výkonnost s rezervou, kterou je třeba zaokrouhlit na nejbližší vyšší hodnotu odpovídající výkonnostním řadám, ve kterých se překopávače vyrábí a vepsat ji do pole volená výkonnost. Pro zaokrouhlenou výkonnost nástroj vypočte roční nasazení stroje, které je vypovídajícím údajem o správném návrhu. Tato hodnota by se měla ideálně rovnat vhodnému ročnímu využití.

Na analogickém principu jsou založeny všechny výpočtové nástroje pro jednotlivé stroje, tj. pro štěpkač, drtič, nakladač a prosévací zařízení.

Tab. 18 Ukázka výpočtového řešení překopávače [autor]

Překopávač	Hodnota
Množství kompostu [t/rok]	9 715,00
Zpracované množství [t/v 1 cyklu]	2680,00
Průměrná objemová hmotnost [t/m ³]	0,38
Počet překopávek [-]	9,00
Množství k překopávání [t/v 1 cyklu]	24120,00
Fond pracovního času [hod/v 1 cyklu]	300,00
Hodinová výkonnost [t/hod]	80,40
Vypočtená výkonnost bez rezervy [m ³ /hod]	210,00
Rezerva (30–40 %) [%]	35,00
Výkonnost s rezervou [m ³ /hod]	283,00
Volená výkonnost [m ³ /hod]	290,00
Množství překopané hmoty [m ³]	228468,00
Kontrola ročního nasazení	
Vypočítané roční využití [hod/rok]	787,00
Vhodné roční využití [hod/rok]	800,00

8.1.4 Ekonomické řešení

Navržený model obsahuje také finanční náročnost provozu kompostárny. Pro výpočet peněžních toků a doby návratnosti, je nutné stanovit vstupní parametry, jež jsou rozděleny na investiční a provozní náklady. V rámci výpočtu investičních nákladů je nutné vyplnit ceny za jednotlivé položky, jako například. cenu za nákup pozemku, cenu za zpevnění plochy nebo cenu za nákup překopávače.

Fixní náklady

V rámci výpočtu fixních nákladů model sumarizuje položky, jako jsou reinvestice a údržba objektů. Podstatným fixním nákladem je spotřeba vody, která je v modelu počítána na základě počtu zaměstnanců, vody potřebné pro čištění celkového zázemí kompostárny, případně pro vlhčení kompostu, pokud nelze použít vodu z bezodtokové jímky. Spotřebovaná energie je kalkulována pro stěnový konvektor, boiler, osvětlení vnitřní i vnější a elektrospotřebiče. Ukázkou je stanovení spotřeby elektrické energie na vytápění buněk, která je uvedena v Tab. 19. Zde je nutné zvolit počet topných dnů a počet konvektorů, následně je dopočítána spotřeba při vytápění za celý rok. Na podobném principu jsou řešeny veškeré položky, které spotřebovávají elektřinu.

Tab. 19 Výpočtová tabulka stěnového konvektoru [autor]

Stěnový konvektor	Hodnota
Spotřeba [kWh]	1,2
Počet otopných dnů [dny]	280,0
Počet konvektorů [-]	3,0
Denní spotřeba [kWh/den]	28,8
Spotřeba při vytápění [kWh/rok]	8 064,0

Část mzdových nákladů je zahrnuta do fixních nákladů, které jsou určeny pro osoby, jejichž pracovní náplň není vázaná na množství zpracovaného materiálu.

Variabilní náklady

Náklady variabilní pokrývají spotřebu paliva, údržbu strojů a mzdy spojené s provozem strojů v závislosti na zpracovaném množství. Model je koncipován tak, že na základě ročního nasazení stroje dopočítá náklady na palivo a mazivo. Je nutné zadat vstupní parametry s cenou za 1 litr pohonné hmoty a spotřebu paliva stroje. Pro stanovení nákladů na údržbu a opravy strojů je nutné určit náklady na údržbu a opravy na 1 litr. Takto doplněný model vypočítá celkové variabilní náklady na provoz stroje. Ukázka výpočtů variabilních nákladů pro nakladač je uvedena v tabulce Tab. 20.

Mzdy spadající pod variabilní náklady jsou určeny pro osoby, jejichž pracovní náplň úzce souvisí s množstvím zpracovaného materiálu. Počet zaměstnanců je dopočítán na základě hodin potřebných pro obsluhu strojů

Tab. 20 Ukázka výpočtové jednotky pro nakladač [autor]

Nakladač	Hodnota
Roční nasazení [hod/rok]	779
Pohonné hmoty [-]	NAFTA
Cena za pohonné hmoty [Kč/l]	28,6
Spotřeba stroje [l/hod]	8
Spotřeba stroje za rok [l/rok]	6 228
Náklady na palivo [Kč/rok]	178 132
Koeficient maziva [%]	1,08
Náklady za mazivo [Kč/rok]	1 923
Náklady palivo + mazivo [Kč/rok]	180 056
Náklady na údržbu [Kč/l]	15
Náklady na opravy a údržbu [Kč/rok]	93 426
Celkem	273 482

Příjmy

Příjmy kompostárny jsou tvořeny položkou z prodeje hotového kompostu a ze zpracování odpadu. Výpočet ceny na zpracování odpadu je předmětem této práce. Vstupní parametry pro výpočet této položky jsou veškeré údaje, které byly popsány výše. Na základě těchto hodnot model vypočítá cenu za zpracování jedné tuny. Pro stanovení výsledné ceny, za kterou bude odpad zpracován je nutné zvolit procentuální zisk na jednu tunu odpadu.

8.2 Technicko-ekonomický model velkokapacitní kompostárny

Aby bylo možné analyzovat náklady na zpracování jedné tuny odpadu, byla navržena typová velkokapacitní kompostárna pro zpracování maximálního množství 20 000 tun odpadů za rok. Navržené řešení je koncipováno pro zpracování odpadů rostlinného původu i odpadů z vedlejší živočišné produkce, které je třeba před kompostováním hygienizovat vysokoteplotně.

8.2.1 Zakládka kompostu

Před začátkem vrstvení materiálu na hromadu je nutné nejprve zvolit vhodnou surovinovou skladbu a provést úpravu materiálů, které nelze přímo kompostovat. Navržené řešení surovinové skladby pro tuto typovou kompostárnu je uvedeno v tabulce Tab. 21. Celkové množství zpracované suroviny je 15 300 t při celkovém objemu asi 40 500 m³. Výsledná vlhkost je 52,5 % a poměr uhlíku a dusíku je 37:1, obě hodnoty jsou vhodné, pro optimální surovinovou skladbu. Předpokládaná hmotnostní ztráta při přeměně surovin na kompost je 33 %, výsledné množství kompostu je 10 251 t/rok.

Z Tab. 21 je patrné, které odpady bude třeba mechanicky a chemicky upravit. Pro mechanickou úpravu byly vybrány odpady, které je nutné dezintegrovat. Bez štěpkování by nebylo vhodné kompostovat dřevo (větve) a kůru. Odpady, které je vhodné upravit drcením jsou BRKO a listí. Vedlejší živočišné produkty, jako je kal z čistíren odpadních vod (dále jen „ČOV“), gastroodpady, hnůj, hovězí a vepřová kejda je nezbytné hygienizovat. BRKO, v případě navrženého velkokapacitního zařízení, bude také hygienizován, jako prevence pro případ, že by obsahoval odpad z vedlejší živočišné produkce. Hygienizace probíhá v aerobní fermentoru EWA, po dobu 2 dnů při teplotě 70 °C, čímž je zajištěna dostatečná doba při optimální teplotě pro ničení patogenních látek. Takto hygienizovaný odpad je vhodnou surovinou a je možné jej kompostovat.

Tab. 21 *Vstupní surovinová skladba velkokapacitní kompostárny [autor]*

Druh	Mechanická úprava	Chemická úprava	Procentuální zastoupení [%]	Množství [t]	Poměr C: N	Vlhkost [%]
Dřevo, větve	Štěpkování		1,3	200	100:1	33
BRKO	Drcení	ANO	32,7	5 000	25:1	50
Listí	Drcení		6,5	1 000	35:1	30
Kal z ČOV	Bez úpravy	ANO	22,9	3 500	34:1	70
Sláma	Bez úpravy		0,1	20	60:1	13
Gastroodpady	Bez úpravy	ANO	0,3	50	60:1	60
Piliny	Bez úpravy		3,3	500	110:1	55
TH z údržby trávníků	Bez úpravy		13,1	2 000	40:1	60
Seno	Bez úpravy		0,2	30	34:1	15
TH z neudržovaných ploch	Bez úpravy		13,1	2 000	40:1	20
Kejda hovězí	Bez úpravy	ANO	3,3	500	40:1	90
Hněj	Bez úpravy	ANO	1,3	200	13:1	80
Kejda prasečí	Bez úpravy	ANO	0,7	100	5:1	95
Kůra	Štěpkování		1,3	200	110:1	55
Celkem			100,0	15 300	36,9:1	52

Množství materiálu, který je třeba upravit v jednotlivých zařízeních, je uvedeno v Tab. 22, stejně jako množství kompostu, který bude proséván.

Tab. 22 *Množství materiálu pro konkrétní úpravy [autor]*

Množství upraveného materiálu	Hodnota [t/rok]
Množství drceného materiálu	6 000
Množství štěpkovaného materiálu	400
Množství hygienizovaného materiálu	9 350
Množství prosévaného kompostu	2 563

Takto připravené suroviny mají lepší vlastnosti a budou na sebe lépe působit. Suroviny jsou uloženy za pomoci nakladače do zakládek, vhodný postup při navážení hromad je tvoření vrstev po délce. Navrstvené kompostovací hromady budou mít tvar lichoběžníkového profilu a rozměry uvedené v Tab. 23. První překopávka bude provedena za účelem homogenizace celé hromady. Další překopávky budou sloužit k provzdušnění kompostovací hromady a překopávání bude provedeno minimálně jedenáctkrát. Tento počet byl navrhnout na základě parametrů pro kompostovací cyklus uvedený v Tab. 23. V případě potřeby bude vlhčení kompostu prováděno během překopávky, voda na vlhčení bude použita z bezodtokové jímky v krajním případě z vodovodní sítě.

Tab. 23 Základní parametry [autor]

Technologické parametry		
Popis hromady		
Profil	Lichoběžníkový	
Šířka základny	5	m
Výška pásové hromady	2	m
Horní šířka pásové hromady	3	m
Doporučená délka	93	m
Kompostovací cyklus		
Typ překopávače	Samojízdný	
Počet hromad	15	ks
Délka cyklu	11	týdnů
Počet cyklů	4	počet/rok
Počet překopávek	11	-

8.2.2 Stavební řešení a kompozice plochy

Pro návrh stavebního řešení byla vypočítána plocha pozemku o rozloze 0,93 ha. Detailnější rozměry pozemku jsou uvedeny v tabulce Tab. 24. Kompozičně byl pozemek rozvržen na plochu pro kompost, která je téměř 0,7 ha a plochu manipulační o výměře necelých 0,2 ha. Třetí část tvoří provozní plocha, která má 0,05 ha, zahrnuje plochy pro přípravu surovin, nadzemní stavby a váhu.

Výstavba zpevněné plochy je vyřešena dle návrhu z kapitoly 7.2.1. a vodohospodářské zabezpečení je zajištěno pomocí PVC folie. Oplocení pozemku je řešeno běžným ocelovým poplastovaným plotem.

Tab. 24 Kompoziční řešení kompostárny [autor]

Rozměry kompostárny		
Délka	108	m
Šířka	86	m
Plocha pozemku	9322	m ²
Obvod pozemku	388	m
Kompoziční řešení kompostárny		
Provozní plocha	465	m ²
Manipulační plocha	1860	m ²
Kompostovací plocha	6998	m ²

Bezodtoková jímka byla navržena pro vypočítanou celkovou plochu a za předpokladu, že průměrný roční úhrn srážek je 600 mm, odpar ze zaplněné plochy je 50 % a odpar z manipulační plochy 30 %. Podíl srážek zachycených v kompostu je maximálně 75 %. Objem jímky je stanoven z odtoku z ploch za 2 měsíce, který je přibližně 218 m³. A z odtoku z ploch za 15 minut přívalového deště, který je přibližně 52 m³. Celková navržená kapacita jímky je 270 m³.

Nadzemní objekty, které jsou na kompostárně přítomny jsou řešeny následujícím způsobem. Provozní budovy jsou stavebně řešeny za pomoci buněk, které tvoří dostatečné

zázemí. Jako sociální budova je zvolena jedna uzpůsobená buňka pro tyto účely. Administrativní část je tvořena dvěma propojenými buňkami. Dispoziční řešení a vybavení buněk obsahuje PŘÍLOHA V.

Prostor pro garážování strojů je navržen z lehké ocelové konstrukce, která je opláštěná. Takto uschované stroje jsou dostatečně chráněny před nepřízní počasí, ale i před nezvanými návštěvníky.

Boxy pro uskladnění materiálu jsou navrženy z betonových dílců tvaru L. Které se využívají pro tvoření opěrných stěn, jejichž rozměry jsou 2,7 m na výšku a 1 m na délku. Jeden navržený box má rozměry 5 m x 5 m, box je tvořen celkem třemi stěnami. Boxy jsou celkem 3 s jednou sdílenou stěnou. Celkové rozměry jsou 5 m x 15 m a počet dílců je 35.

Inženýrské sítě jsou v kompostárně zbudovány zejména na okraji pozemku. Pitná voda a kanalizace je přivedena pouze do provozní budovy. Elektřina je rozvedena kvůli osvětlení do haly na garážování a po okrajích plochy, kde jsou přijímány a upravovány suroviny.

8.2.3 Zvolená mechanizace

Mechanizace do kompostárny byla volena při maximálním využití kapacity. Navržené výkonnosti pro jednotlivá zařízení jsou uvedeny v Tab. 25. Všechny navržené stroje odpovídají optimálnímu ročnímu využití v dané kategorii.

Tab. 25 *Navržená výkonnost a roční využití jednotlivých strojů [autor]*

Nakladač		
Výkonnost	80	m ³ /hod
Roční využití	1108	hod/rok
Překopávač		
Výkonnost	450	m ³ /hod
Roční využití	663	hod/rok
Drtič		
Výkonnost	35	m ³ /hod
Roční využití	316	hod/rok
Štěpkovač		
Výkonnost	30	m ³ /hod
Roční využití	100	hod/rok
Prosévací zařízení		
Výkonnost	50	m ³ /hod
Roční využití	542	hod/rok
Celkové roční využití	2733	hod/rok

Pro kompostárnu s uvedenou kapacitou 20 000 t/rok je na chod zařízení třeba 6 zaměstnanců, jednotlivé pozice jsou uvedeny v tabulce Tab. 26. I s potřebným dosaženým vzděláním a finančním ohodnocením. Na obsluhu strojů a práce spojené s údržbou areálu jsou potřební celkem 2 zaměstnanci. Další osoba musí být přítomna na vrátnici u příjmu odpadů, obsluhuje mostní váhu a vede záznamy o odpadech. Správný technologický postup při zpracování odpadů, sestavování surovinové skladby či monitoringu teploty je zajišťován technologem. Finanční bilance a obchodní transakce jsou obhospodařovány ekonomickým pracovníkem. Veškeré činnosti probíhají pod vedením vedoucího pracovníka.

Tab. 26 Rozpis potřebných pozic [autor]

Pracovní místo	Počet pracovních míst	Požadavky vzdělání	Základní mzda [Kč/měsíc]
Vedoucí pracovník	1	SŠ s maturitou	24 000
Vrátný, administrativní pracovník	1	SŠ s maturitou	18 000
Technolog	1	SŠ s maturitou	20 000
Obsluha strojů	2	Výuční list	20 000
Ekonomický pracovník	1	SŠ s maturitou	20 000

8.2.4 Náklady zařízení bez vlivu dopravy

Investiční náklady

Investiční náklady jsou uvedeny v Tab. 27. Náklady na pořízení zázemí pro kompostárnu jsou odhadnuty na 22 315 400 Kč, předpokládaná životnost je 30 let. Náklady na strojní vybavení kompostárny jsou odhadnuty na 5 170 000 Kč, s předpokladem životnosti strojů 8 let. Celková odhadnutá vstupní investice je 27 485 000 Kč.

Tab. 27 Investiční náklady [autor]

Položka	Hodnota [Kč]
Nákup pozemku	5 314 800
Zpevnění a vodohospodářské zabezpečení plochy	14 172 800
Jímka, inženýrské sítě, oplocení	1 306 200
Nadzemní objekty	1 416 600
Vybavení (kanceláře, geotextilie)	105 000
Stroje na úpravu materiálu	2 050 000
Stroje na úpravu kompostu	2 250 000
Stroje na finální úpravu kompostu	500 000
Další strojní vybavení (váha)	370 000
Celkem	27 485 000

Provozní náklady

Provozní náklady jsou pro přehled uvedeny v Tab. 28. Celkové náklady na provoz jsou odhadnuty na 3 309 000 Kč. Z toho provozní náklady na stroje činí téměř 980 000 Kč, finančně nejnákladnější je nakladač téměř 400 000 Kč. Mzdy pro zaměstnance představují téměř 2 000 000 Kč, náklady na provoz zařízení jsou odhadnuty na 329 000 Kč.

Tab. 28 *Přehled provozních nákladů [autor]*

Provoz strojů	Hodnota [Kč]
Biofermentory	163 800
Drtič	80 600
Štěpkovač	38 100
Prosévací zařízení	138 200
Překopávač	169 000
Nakladač	389 400
Fixní mzdy	1 357 680
Variabilní mzdy	643 200
Reinvestice, údržba	120 000
Vybavení obsluhy	90 000
Energie	119 000
Celkem	3 309 000

Příjmy

Příjmy kompostárny jsou tvořeny prioritně z prodeje kompostu. Za prodej kompostu získá zařízení přibližně 3 331 500 Kč. Přičemž 2 306 500 tvoří příjem z prodeje neupraveného kompostu a 1 025 000 Kč z kompostu, který byl upraven prosetím. Za podmínek, které jsou uvedeny v Tab. 29.

Tab. 29 *Příjmy z prodeje kompostu [autor]*

Položka	Množství [t]	Cena za 1 t [Kč]	Cena celkem [Kč]
Neupravený kompost	7 688	300	2 306 475
Upravený (prosátý) kompost	2 562	400	1 025 100
Celkem	10 251		3 331 575

Druhý zdroj příjmů je za zpracování odpadů. Průměrná cena za zpracování jedné tuny odpadu byla stanovena za pomoci prezentovaného modelu. Průměrná cena je vypočítána na základě investičních a provozních nákladů dané kompostárny. Výsledná vypočítaná cena je 308 Kč/t.

V modelu je možné vyčíslit i ceny za jednotlivé frakce, které se liší dle úpravy materiálu. V Tab. 30 je uveden přehled cen za jednotlivé mechanické úpravy, kde například cena za štěpkování jedné tuny je 142 Kč. Tato cena je několikanásobně vyšší oproti jiným úpravám, důvodem je malé množství štěpkovaného materiálu. Náklady na jednu tunu hygienizovaného odpadu jsou 36 Kč a na jednu tunu drcení je náklad 24 Kč. Jednotlivé ceny za úpravu mají vliv na celkovou cenu frakce. Která se pohybuje od 273 Kč/t až po 462 Kč/t.

Tab. 30 *Ceny za zpracování odpadu za jednotlivé frakce*

Druh	Mechanická úprava	Chemická úprava	Cena za hygienizaci [Kč/t]	Cena za štěpkování [Kč/t]	Cena za drcení [Kč/t]	Cena za zpracování frakce [Kč]
Dřevo, větve	Štěpkování		0	142	0	414
BRKO	Drcení	Hygienizace	36	0	24	332
Listí	Drcení		0	0	24	296
Kal z ČOV	Bez úpravy	Hygienizace	36	0	0	308
Sláma	Bez úpravy		0	0	0	272
Gastroodpady	Bez úpravy	Hygienizace	36	0	0	308
Piliny	Bez úpravy		0	0	0	272
TH z údržby trávníků	Bez úpravy		0	0	0	272
Seno	Bez úpravy		0	0	0	272
TH z neudržovaných ploch	Bez úpravy		0	0	0	272
Kejda hovězí	Bez úpravy	Hygienizace	36	0	0	308
Hněj	Bez úpravy	Hygienizace	36	0	0	308
Kejda prasečí	Bez úpravy	Hygienizace	36	0	0	308
Kůra	Štěpkování		0	142	0	414

Při stanovení příjmu za zpracování odpadu, byl k vypočítané ceně stanoven procentuální zisk 10 %. Výsledná minimální cena poplatku za zpracování odpadu je vyčíslena na 338 Kč/t, příjem ze zpracování odpadu je odhadnut na 5 169 000 Kč.

8.2.5 Náklady zařízení s vlivem dopravy

Náklady na dopravu jsou významnou položku při výpočtu výsledné ceny za zpracování jedné tuny odpadu, proto je nelze zanedbat. Problematika dopravy je velmi komplikovaná a rozsáhlá, proto v modelu není připraven řešitel pro stanovení ceny za dopravu, pro tento účel bylo využito programu Waste Transportation Prices (dále jen „WTP“).

Stanovení ceny na dopravu

Pro zpracované množství v kompostárně byl stanoven interval, jehož spodní hodnota je 15 000 t/rok a horní hodnota 20 000 t/rok. Vstupní parametry do programu jsou stanovená množství zpracovaného odpadu, objemové množství zpracovaného odpadu a zvolená svozová oblast.

Pro případ zpracování 15 000 t/rok odpadu o objemové hmotnosti 570 kg/m³. Byla stanovena maximální dojezdová vzdálenost 25 km. Při uvažované cestě z kompostárny do místa, které je v okrajové části oblasti, jeden cyklus zahrnující cestu tam i zpět bude 50 km. Při průměrné rychlosti 60 km/h lze náklady na dopravu očekávat 230 Kč/t.

Pro zpracované množství 20 000 t/rok o objemové hmotnosti 570 kg/m³. Byla stanovena maximální dojezdová vzdálenost 30 km. Při uvažované vzdálenosti z kompostárny do místa, které je v okrajové části oblasti, bude jeden svozový cyklus 60 km. Při průměrné rychlosti 60 km/h lze náklady na dopravu očekávat 270 Kč/t.

Při stanovení celkových nákladů na dopravu jedné tuny byla zvolena střední hodnota z intervalu 230–270 Kč/t. V ceně jsou zahrnuty náklady na nákup vozů, mzdy zaměstnanců i

provozní náklady vozidel. Celkové náklady za dovoz surovin, při převáženém množství 15 300 t odpadů, jsou 3 825 000 Kč/rok. Jak je patrné z tabulky, viz Tab. 31, doprava výrazně převyšuje ostatní položky, tudíž bude mít velký vliv na stanovení ceny za zpracování odpadu. Výsledná cena za zpracování odpadu při zahrnutí dopravy je 562 Kč/t.

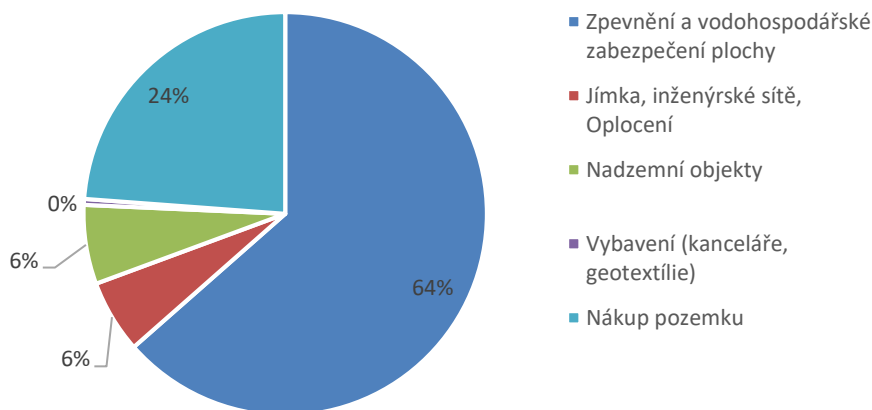
Tab. 31 *Položky k určení ceny za zpracování [autor]*

Položka	Hodnota [Kč]
Pořizovací náklady vtažené na životnost (stroje)	646 250
Provozní náklady (stroje)	979 100
Pořizovací náklady na životnost (zázemí)	743 848
Reinvestice a vybavení obsluhy	210 000
Mzdy	2 000 880
Spotřeba energií	119 342
Doprava	3 825 000

8.2.6 Ekonomické a provozní zhodnocení

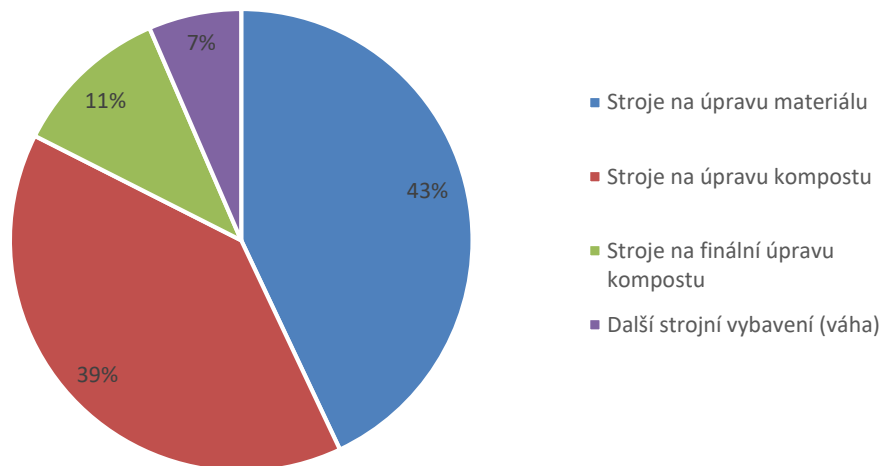
Hodnocení vstupních investic

Jak je patrné z grafu, viz obr. 24, finančně nejnáročnější položkou při budování kompostárny je zpevnění a vodohospodářské zabezpečení plochy, které tvoří až 64 % z investic na zbudování kompostárny. Další významnou položkou je pořizovací cena na nákup pozemku, která odpovídá 24 %.



Obr. 24 *Graf procentuálního rozložení vstupních investic na zázemí kompostárny*

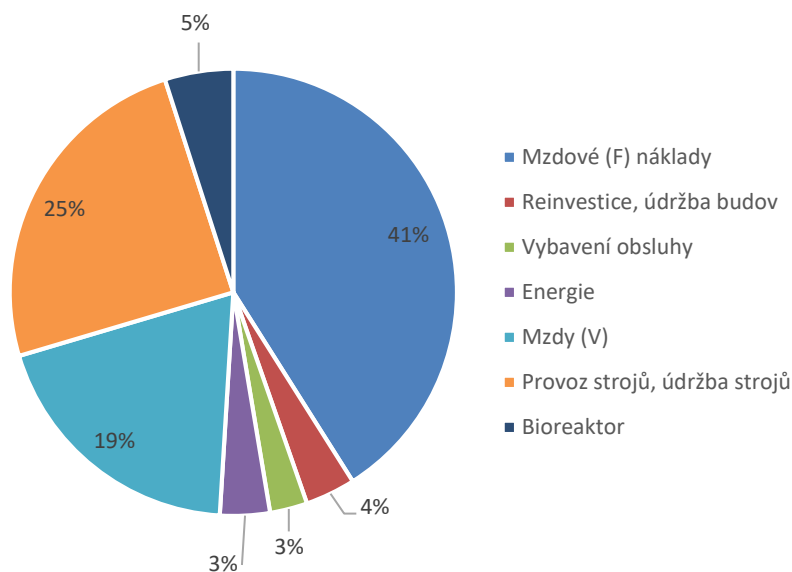
Pro pořízení strojového parku kompostárny je třeba vyhradit nejvíce financí na stroje na úpravu materiálu, jak vyplývá z Obr. 25. Stroje na úpravu materiálu představuje až 43 % celkové částky na mechanizaci. Druhou finančně nejvýznamnější položkou jsou stroje na úpravu kompostu, jenž představují 39 %. Finalizační stroje tvoří pouze 11 % a další vybavení pouhých 7 % z celkové investice do strojního vybavení.



Obr. 25 Graf procentuálního rozložení vstupních investic za stroje

Hodnocení provozních nákladů

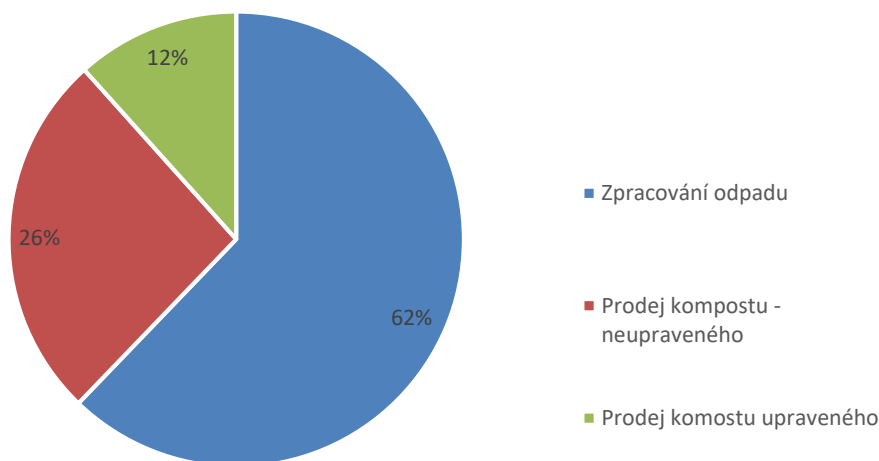
Finančně nejnáročnější položkou provozních nákladů jsou mzdy, jak vyplývá z Obr. 26. Mzdy variabilní představují 19 % a mzdy fixní dokonce 43 % z celkové částky na provoz. Třetí největší položkou jsou náklady na provoz strojů, jejichž podíl odpovídá 25 %. Zbylé položky jako jsou bioreaktor, vybavení obsluhy a reinvestice představují provozní náklady od 3 do 5 %.



Obr. 26 Graf procentuálního rozložení provozních nákladů

Hodnocení příjmů

Příjem kompostárny je složen z prodeje kompostu a poplatku za zpracování odpadu. Na obr. 27 je znázorněno procentuální rozložení těchto příjmů. Zařízení je navrženo tak, aby z každé zpracované tuny odpadu vydělalo 10 % z ceny vypočítané za zpracování jedné tuny odpadu, čímž se z příjmu ze zpracování stává stěžejní položka, celkové příjmy jsou tvořeny z 62 % položkou za zpracování odpadu.



Obr. 27 Graf procentuálního rozložení provozních nákladů

Pro celkové hodnocení ekonomického hlediska byly dopočítány peněžní toky a diskontované peněžní toky na základě, kterých byla dopočítána diskontovaná doba návratnosti (dále jen „doba návratnosti“). Inflace byla zahrnuta ve stanovené míře 2 %. Například fixní mzdy v prvním roce činí částku 1 384 833 Kč, desátý rok provozu je částka již na 1 655 000 Kč, díky ztrátě hodnoty peněz. Celkové finanční hodnocení je uvedeno v kapitole 8.4.

8.3 Technicko-ekonomický model malé kompostárny

Malá kompostárna je koncipovaná jako zařízení o maximální zpracovatelské kapacitě 150 t/rok. A je vhodná pro zpracování pouze odpadů rostlinného původu, které není nutné vysokoteplotně hygienizovat.

8.3.1 Zakládka kompostu

Před tím, než je kompostovací hromada založena, je nutné sestavit vhodnou surovinovou skladbu, která je pro toto zařízení navržena, viz Tab. 32. Množství, které bude v kompostárně zpracováno je 150 t, kapacita kompostárny bude kompletně využita. Poměr uhlíku a dusíku při tomto složení je 40:1, složení je na horní hranici doporučeného poměru C:N. Vlhkost surovinové skladby je 45 %, což je hodnota na spodní hranici vhodné vlhkosti. V průběhu kompostovacího procesu je možné nevhodnou vlhkost skladby jednoduše vyřešit vlhčením, které bude v malé kompostárně prováděno za pomoci nashromážděné dešťové vody v krajním případě vodou pitnou. Výsledné množství kompostu je 101 t/rok.

Tab. 32 Surovinová skladba – malá kompostárna [autor]

Druh	Mechanická úprava	Procentuální zastoupení [%]	Množství [t]	Poměr C:N	Vlhkost [%]
Dřevo, větve	Štěpkování	2,0	3	100:1	33
Listí	Drcení	10,7	16	33:1	30
Sláma	Bez úpravy	3,3	5	60:1	13
Piliny	Bez úpravy	0,0	0	110:1	55
TH z údržby trávníků	Bez úpravy	53,3	80	40:1	60
Seno	Bez úpravy	6,7	10	30:1	15
TH z neudržovaných ploch	Bez úpravy	23,3	35	40:1	35
Kůra	Bez úpravy	0,7	1	110:1	55
Celková hodnota		100,0	150	40:1	45

V Tab. 32 je uvedeno, které odpady je nutné před kompostováním upravit. Všechny materiály budou homogenizovány a provzdušňovány za pomoci Allu lopaty, což je přídavné zařízení k nakladačům, které je schopné drtit materiál, stejně tak jej třídit, provzdušňovat či homogenizovat. Drcení tedy není nutné provádět zvlášť, proběhne během homogenizace. Ukázka Allu lopaty je uvedena na Obr. 28. Další potřebnou úpravou je štěpkování, množství materiálu, který bude třeba štěpkovat jsou 3 t.



Obr. 28 Allu lopata [40]

Homogenizované a nadrcené suroviny budou vrstveny do menších hromad, s pomocí nakladače s normální lžící nakladače. Profil hromad je tvaru trojúhelníku a základní rozměry hromad jsou uvedeny v Tab. 33, stejně tak základní informace k technologii. Překopávání Allu lopatou bude během kompostovacího procesu prováděno 11krát.

Tab. 33 Základní informace k technologii kompostování [autor]

Technologické parametry		
Popis hromady	Hodnota	Jednotky
Profil	Trojúhelníkový	
Šířka základny	2	m
Výška pásové hromady	1,2	m
Doporučená délka	12	m
Kompostovací cyklus		
Počet hromad	7	ks
Délka cyklu	12	týdnů
Počet cyklů	4	počet/rok
Počet překopávek	11	

8.3.2 Stavební řešení a kompozice kompostárny

Pro navržený model malé kompostárny byla stanovena plocha pozemku na 396 m², s obvodem 87 m. Detailnější rozměry kompostárny jsou uvedeny v Tab. 35 a kompoziční řešení kompostárny je uvedeno v Tab. 34. Pozemek kompostárny byl navržen tak, že plocha pro kompostování by měla zaujmout asi 240 m², plocha pro manipulaci strojů 88 m² a provozní plocha pro přípravu surovin a příjem odpadů 65 m².

Zpevněná plocha je řešena jako u velkokapacitní kompostárny, vzhledem k tomu, že není nutné plochu zabezpečit vodo hospodářsky, PVC fólie není na zpevněné ploše použita. Pozemek je oplocen ocelovým poplastovaným plotem. Bezodtoková jímka není v malé kompostárně řešena vůbec, vlhčení se bude provádět za pomoci dešťové vody odchycené z budov, v krajním případě vodou z vodovodu. Součástí malé kompostárny není mostní váha a boxy pro uskladnění kompostu.

Tab. 34 *Kompoziční řešení malé kompostárny [autor]*

Položka	Hodnota [m ²]
Celková plocha pozemku	396
Provozní plocha	65
Manipulační plocha	88
Kompostovací plocha	242

Tab. 35 *Základní rozměry kompostárny [autor]*

Položka	Hodnota [m]
Délka	13
Šířka	30
Obvod pozemku	87

V objektu je administrativní budova se sociálním zázemím, která je řešena pomocí jedné buňky, kterou je možné vidět v příloze, viz PŘÍLOHA V. Inženýrské sítě jsou přivedeny pouze k administrativní budově, s osvětlením není počítáno, protože provoz je jednosměnný a doba, kdy budou prováděny práce na kompostárně, se může přizpůsobit dle ročního období. Stroje jsou garážovány v ocelové opláštěvané konstrukci.

8.3.3 Zvolená mechanizace

Navržená mechanizace kompostárny je koncipována tak, že zvládne provoz i při plné kapacitě zařízení. V kompostárně bude jeden energetický zdroj, kterým je menší nakladač s výkonem 15 kW a malý štěpkač. Nakladač za pomoci standartní lžice a Allu lopaty Obr. 28 bude schopen pokrýt mechanizační činnosti, jako je drcení, transport materiálu, překopávání a provzdušňování. V Tab. 36 jsou uvedeny parametry příslušné mechanizace.

Tab. 36 *Parametry mechanizace v malé kompostárně. [autor]*

Lžíce nakladače		
Objem	1	m ³ /hod
Roční využití	50	hod
ALLU lopata		
Výkonnost	9	m ³ /hod
Roční využití	259	hod
Roční využití	309	hod
Štěpkovač		
Výkon	3	kWh
Výkonnost	0,1	t/hod
Roční využití	30	hod
Celkové roční využití strojů	339	hod

Pro malou kompostárnu za předpokladu 339 hodin ročního využití strojů s ohledem na počet pracovních dní v roce, není nutné zaměstnat jednoho člověka na plný úvazek. Množství práce odpovídá 0,6 pracovního úvazku. Na obsluhu strojů je třeba 0,3 úvazku a zbylých 0,3 na ostatní práce na kompostárně.

8.3.4 Náklady zařízení

Investiční náklady

Malá kompostárna zpracovává ročně tak malé množství materiálu, že se nevyplatí pořizovat nákladné jednoúčelové stroje. Do kompostárny byl navržen menší nakladač, který má vyměnitelnou lžici a univerzální Allu lopata. Přehled investičních nákladů je uveden v Tab. 37. Investiční náklady na zázemí malé kompostárny jsou stanoveny téměř na 1 040 400 Kč a na strojní vybavení 587 500 Kč. Celkové investiční náklady na malou kompostárnu byly odhadnuty na 1 627 900 Kč.

Tab. 37 Náklady na investice

Položka	Hodnota [Kč]
Nákup pozemku	198 000
Zpevnění plochy	478 500
Inženýrské sítě, Oplocení	67 300
Nadzemní objekty	266 590
Vybavení (kanceláře, geotextílie)	30 000
Nakladač	500 000
Štěpkovač	10 000
ALLU lopata	70 000
Další strojní vybavení (vapka, teploměr)	7 500

Provozní náklady

Celkové provozní náklady v malé kompostárně jsou odhadnuty na 444 000 Kč za rok, přičemž výdaje na mzdy tvoří téměř 200 000 Kč i přesto, že se jedná o neúplná pracovní úvazek. Přehled zbylých provozních nákladů je uveden v Tab. 38.

Tab. 38 *Provozní náklady malé kompostárny*

Položka	Hodnota [Kč/rok]
Štěpkovač	740
Nakladač	199 300
Mzdy - pracovní úvazek (0,6)	192 960
Spotřeba energií	35 500
Reinvestice	15 500
Celkem	444 000

Příjmy

Příjmy malé kompostárny jsou tvořeny prodejem kompostu, pokud není kompostárna součástí dotačního programu. Za prodej kompostu, při stanovení ceny za prodej 400 Kč/t je příjem odhadnut skoro na 40 400 Kč.

Dalším zdrojem je příjem za zpracování odpadu, cena za zpracování byla stanovena (s využitím modelu) z investičních nákladů vztažených na životnost a z nákladů provozních. Výsledná cena za zpracování jedné tuny odpadu v malé kompostárně je 3 681 Kč/t. Cena za jednotlivé frakce je uvedena v Tab. 39.

Tab. 39 *Ceny za zpracování jednotlivých frakcí*

Položka	Mechanická úprava	Cena za štěpkování [Kč/t]	Cena za zpracování frakce [Kč/t]
Dřevo	Štěpkování	664	4 338
Listí	Drcení	0	3 673
Sláma	Bez úpravy	0	3 673
TH z údržby trávníků	Bez úpravy	0	3 673
Seno	Bez úpravy	0	3 673
TH z neupravených ploch	Bez úpravy	0	3 673
kůra	Bez úpravy	0	3 673

8.3.5 Malá kompostárna pro zemědělce

Malá kompostárna pro zemědělce je scénář, který vychází z navržené malé kompostárny uvedené v kapitole 8.3. Je předpokládána totožná surovinová skladba, viz Tab. 32. Tato varianta je navržena pro provozovatele, který vlastní pozemek vhodný ke kompostování. Na kompostárně nebude přítomna provozní budova, tudíž není nutné zbudovat inženýrské sítě.

Rozměry pozemku jsou menší o provozní plochu, na které není nutné nechat prostor pro nadzemní objekty, což se projeví na délce pozemku, která je snížena na 11 m. Celková plocha byla odhadnuta na 330 m². Při návrhu strojního vybavení je vycházeno z předpokladu,

že provozovatel je vlastníkem nakladače, případně kolového traktoru se lžící a štěpkovače. Dalším předpokladem je, provozovatel vlastní objekt pro garážování těchto zařízení. Kompostárnu je třeba dovybavit Allu lopatou, která není běžnou výbavou zemědělských provozů. Lopata je navržena s vyšším průtokem 24 m³/hod, díky větší technice, kterou zemědělci vlastní a která je schopna tuto lopatu unést. Při navýšení výkonnosti, se výrazně sníží počet hodin na zpracování odpadu, tudíž i náklady na provoz zařízení.

Investice jsou uvedeny v Tab. 40 a v Tab. 41, celkové investiční náklady jsou 118 400 Kč. Provozní náklady za stroje jsou odhadnuty na 54 600 Kč. A provozní náklady na provoz objektu jsou stanoveny na 23 700 Kč.

Tab. 40 *Přehled investičních nákladů*

Položka	Hodnota [Kč]
Geotextílie	10 000
Oplocení	26 400
Zařízení na měření teploty	2 000
Allu lopata	80 000
Celkem	118 400

Tab. 41 *Přehled provozních nákladů*

Položka	Hodnota [Kč/rok]
Štěpkovač	700
Nakladač	54 600
Mzdy	20 700
Reinvestice, údržba	3 000
Celkem	79 000

Za těchto podmínek provozních a investičních byla cena za zpracování jedné tuny odpadu odhadnuta na 603 Kč. Cena za úpravu odpadu štěpkováním byla stanovena na 220 Kč/t, tudíž zkompostování dřeva, jež je upraveno štěpkováním by provozovatele vyšlo na 823 Kč/t. Zbýlé položky byly dopočítány na 603 Kč za zpracování tuny.

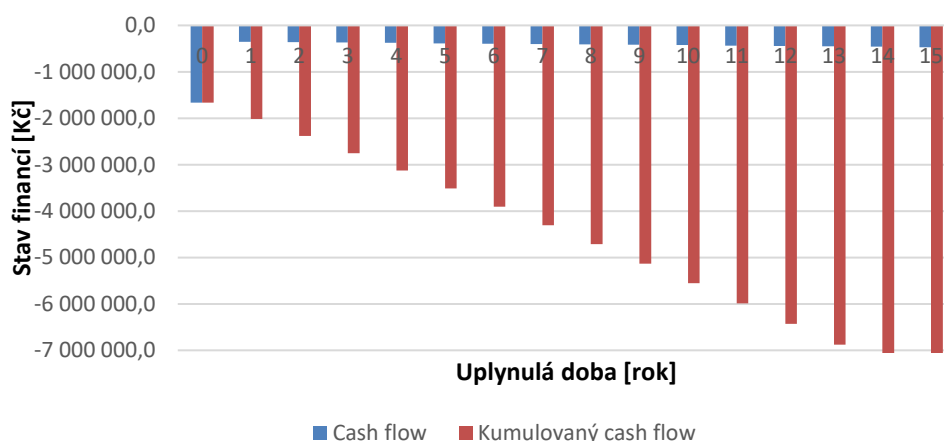
8.4 Celkové zhodnocení

Malá kompostárna bez dotace

Pro malé zařízení, které bylo navrženo pro provozovatele, jež nevlastní vhodný pozemek, potřebnou mechanici či část mechanizace, musely být všechny tyto položky zahrnuty do návrhu a investic. Jednalo se o nákup pozemku, zpevnění a oplocení pozemku, zavedení inženýrských sítí a zbudování provozní budovy. Pro tento scénář byla nakoupena veškerá potřebná mechanice. Toto typové zařízení bylo vybudované na zelené louce bylo detailně popsáno v kapitole 8.3.

Náklady na vstupní investice byly odhadnuty téměř na 1 628 000 Kč, náklady na provoz strojů byly stanoveny na 200 000 Kč a na provoz zbylého zařízení byly napočítány na 244 000 Kč. Náklady na dopravu do toho typového projektu nebyly zahrnuty, bylo počítáno

s variantou, kdy surovina byla dovážena na kompostárnu zákazník. Při těchto nákladech byla cena za zpracování jedné tuny stanovena na 3 681 Kč/t, což je cena, která několikanásobně přesahuje běžné ceny za zpracování odpadu kompostováním. Pokud by byla vybrána varianta bez prodeje kompostu a za zpracování by bylo účtováno běžných 400 Kč, bylo by zařízení od prvního roku provozu ve ztrátě převyšující 391 000 Kč, tato ztráta by se každý následující rok prohlubovala, což je vidět i v Obr. 29. Za dobu 10 let by se ztráty nakumulovaly na částku 5 917 000 Kč.



Obr. 29 Doba návratnosti financí (malé zařízení neprodávající kompost) [archiv autora]

Za předpokladu, že by toto zařízení fungovalo bez dotačních podpor, může prodávat vzniklý kompost. Pokud by byla zvolena cena za prodej kompostu 500 Kč a cena za zpracování by byla stávající 400 Kč, i tak by bylo zařízení ve ztrátě přes 340 000 Kč od prvního roku provozu. Každý následující rok by se tato částka navýšila a za 10 let by rostla na částku - 5 355 000 Kč.

Pokud by příjem z prodeje kompostu měl vyřešit finanční situaci tak, aby zařízení nebylo ztrátové, při zachování ceny za zpracování, cena za jednu tunu kompostu by musela být nejméně 3 850 Kč. Za tohoto předpokladu by bod zvratu nastal již ve druhém roce provozu a zařízení by bylo provozováno se ziskem téměř 5 000 Kč v témže roce. Při tomto scénáři by vstupní investice nebyla splacena ani za 30 let provozu. Tato varianta není přijatelná, cena za kompost 3 850 Kč je cenová nabídka, pro kterou by se nenašel kupec, s ohledem na běžné ceny za prodej kompostu.

Pokud by finanční situace měla být řešena cenou za zpracování odpadu, při zachování ceny za prodej kompostu 500 Kč. Cena za zpracování by měla být navýšena na částku 3 000 Kč, při které by kompostárna byla již první rok 56 500 Kč v zisku. Vstupní investice by se navrátila 23. rok provozu zařízení. Při navýšení ceny na 3 300 Kč, by byla doba návratnosti vstupní investice již 13 let. Ani tato varianta není reálná, cena za zpracování odpadu několikanásobně převyšuje běžnou cenu za zpracování odpadu kompostováním. Toto zařízení by nebylo finančně soběstačné a bez dotací by nebylo vhodné k realizaci.

V dalším scénáři malé kompostárny, jež byla vybavena a stavebně řešena dle popisu v 8.3, byla zahrnuta i dotační podpora. První modelová situace byla řešena pro finanční podporu vstupní investice. Výše dotace byla stanovena na 90 % z celkové částky, což by odpovídalo

1 465 00 Kč, cena za zpracování odpadu byla 400 Kč a kompost nebyl prodáván. V takovém případě by zařízení bylo od prvního roku ve ztrátě 391 700 Kč. Snížila by se pouze naakumulovaná ztráta, která by za 10 let provozu činila 4 452 000 Kč.

Ve druhé modelové situaci byla vstupní investice dotována ze 75 %, což by odpovídalo částce přesahující 1 220 000 Kč a dotace na provoz byla stanovena na 700 Kč na tunu zpracovaného odpadu, za předpokladu, že by byla zachována cena za zpracování odpadů pro zákazníky 400 Kč. Při takovémto scénáři by zařízení bylo provozováno se ztrátou 284 000 Kč od prvního roku provozu. Celková naakumulovaná ztráta bude v 10. roce provozu 3 523 000 Kč.

Aby zařízení bylo provozováno se ziskem, dotace na vstupní investici by musela být 90 % a dotace na provoz 2700 Kč na zpracovanou tunu odpadu, s takovými předpoklady by zařízení pracovalo od prvního roku se ziskem 22 000 Kč a doba návratnosti investice by byla 17 let.

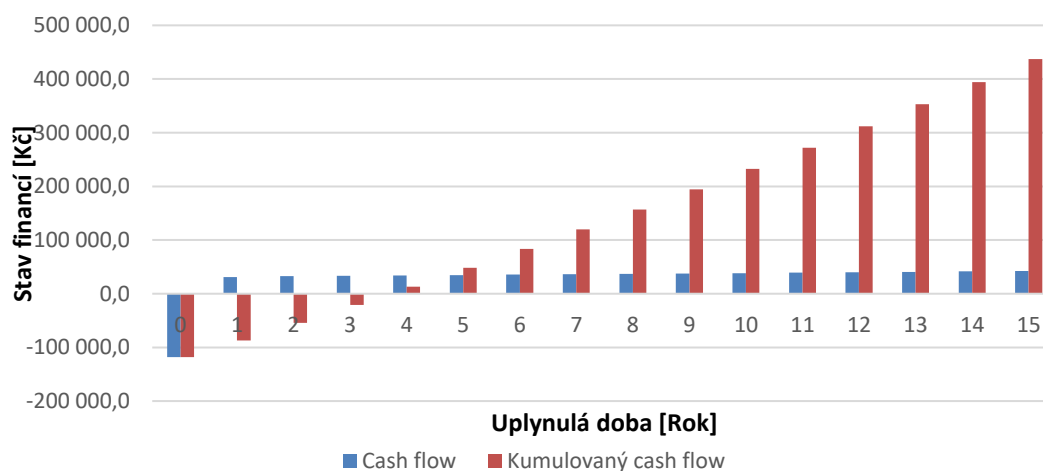
Malé zařízení do 150 t/rok s parametry uvedenými v kapitole 8.3 by bylo schopné provozu za předpokladu velmi vysokých dotačních podpor.

Malé zařízení pro zemědělce

Pro malé zařízení, které bylo navrženo pro provozovatele, jež vlastní vhodný pozemek a minimálně část mechanizace, nebyly tyto položky zahrnuty do vstupních investic. Jednalo se o nákup pozemku, zpevnění, zavedení inženýrských sítí a zbudování provozní budovy. Dále byla nakoupena potřebná mechanizace, která provozovateli chyběla. Toto typové zařízení vybudované na zelené louce bylo popsáno v kapitole 8.3.5.

Náklady na počáteční vstupní investici byly navrženy na 118 400 Kč a provozní náklady na nezbytný chod kompostárny byly stanoveny na 79 000 Kč. Náklady na dopravu nebyly zahrnuty, zpracovatel kompostoval vlastní surovinu případně materiál, který byl dovážěn na kompostárnu zákazníky.

Cena za zpracování jedné tuny odpadu byla stanovena na 603 Kč. Tato cena za zpracování je přijatelná. Za předpokladu, že by cena za zpracování odpadů pro zákazníky byla 400 Kč/t a cena za prodej kompostu 500 Kč/t, by zařízení bylo provozováno od prvního roku provozu se ziskem 31 100 Kč. Jak je možné vidět z Obr. 30 doba návratnosti investice by byla 4 roky.



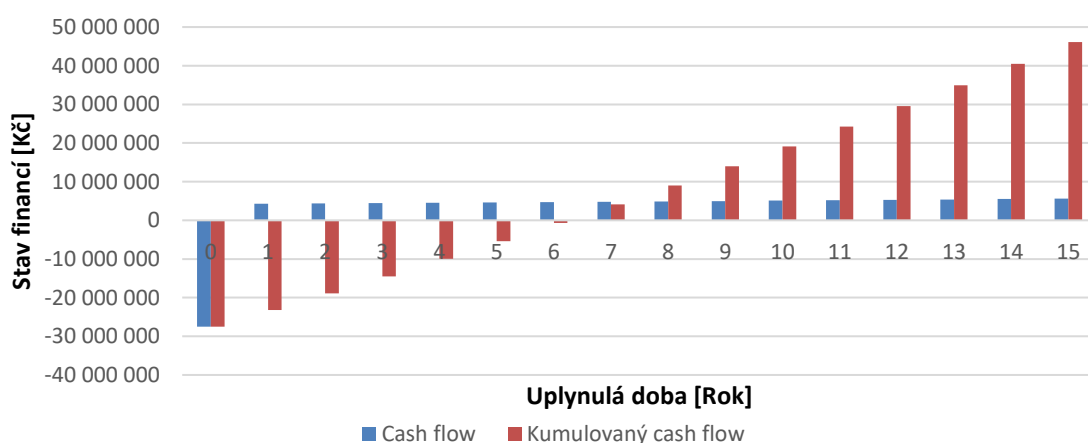
Obr. 30 Doba návratnosti financí (malé zařízení pro zemědělce) [archiv autora]

Pokud by byla zvolena varianta, kdy polovina surovin by byla dovážena zákazníky za poplatek 500 Kč/t za zpracování, druhou polovinu by zpracovatel dodával z vlastních surovin, které by jinak, než zpracováním na kompostárně nevyužil. Druhým předpoklad byl, že polovina vzniklého kompostu by byla prodána za 500 Kč/t, toto zařízení bylo by od prvního roku ve ztrátě 17 000 Kč. Pokud by bylo přihlédnuto na fakt, že zemědělec získal 50 t kompostu, za který by zaplatil nejméně 25 000 Kč, bude výsledná bilance kladná.

Velkokapacitní kompostárna

Velkokapacitní zařízení do maximální kapacity 20 000 t/rok, jež bylo detailně popsáno v 8.2, které by ročně zpracovalo 15 300 t odpadu. Zařízení bylo vybudováno na zelené louce, tudíž byly řešeny veškeré stavební návrhy od zpevněné vodohospodářsky zabezpečené plochy, provozní budovy, jímky, garáže na stroje až po osvětlení. Dále bylo navrženo veškeré strojní vybavení. Za těchto předpokladů byla vstupní investice odhadnuta na 27 485 000 Kč. Z toho bylo 5 170 000 Kč vstupní investice na stroje a 22 315 000 Kč na zázemí. Provozní náklady byly stanoveny na 3 309 000 Kč. V této variantě nebyla zahrnuta doprava. Za těchto předpokladů cena za zpracování jedné tuny odpadu byla vyčíslena na 307 Kč. Při této ceně za zpracování a s plánovaným ziskem 10 % na tunu, byl poplatek pro zákazníky za zpracování jedné tuny odpadu odhadnut na 337 Kč a cena za prodej kompostu byla stanovena na 350 Kč. Celkové příjmy za zpracování odpadu a za prodej kompostu byly 7 625 400 Kč. V prvním roce provozu bylo v zisk zařízení 4 250 000 Kč. Za těchto podmínek by se vstupní investice, která byla bezmála 22 350 000 Kč vrátila za 7 let provozu zařízení, což je možné vidět i v grafu na Obr. 31.

Navržená kompostárna s kapacitou 20 000 t/rok při zpracovaném množství 15 300 t/rok, je navržena tak, že by byla schopna provozu se značnými zisky. Zařízení by nebylo nutné finančně podporovat z dotací. Při době návratnosti 7 let, by se jednalo o zajímavou investici pro investory.

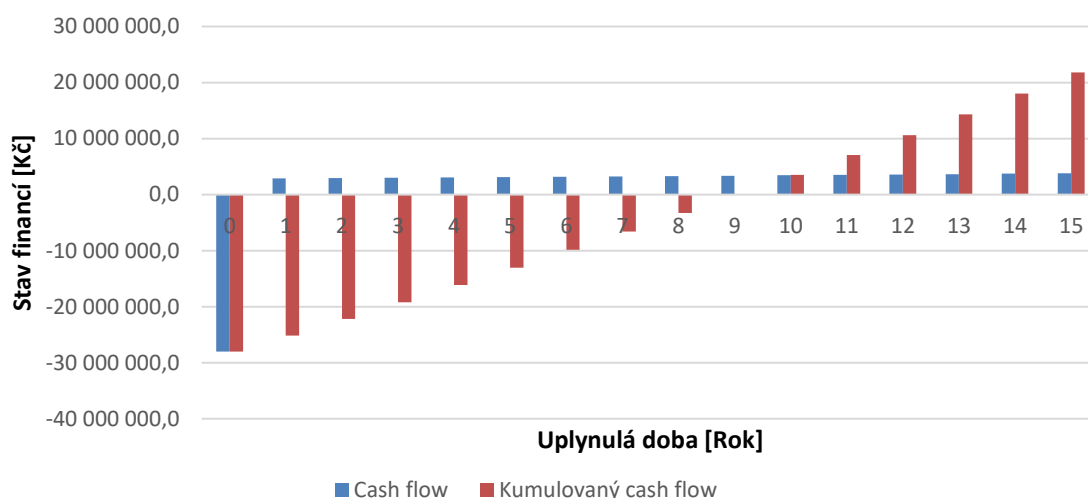


Obr. 31 Doba návratnosti financí (velkokapacitní zařízení bez zahrnutí dopravy)

[archiv autora]

Ve druhém scénáři byla uvažována totožná velkokapacitní kompostárna, která byla popsána v přechozím případě, tato varianta zahrnovala navíc i cenu za dopravu vstupní suroviny. Cena za dopravu byla odhadnuta na 250 Kč/t, což by při 15 300 t dopravené suroviny byla položka za 3 825 500 Kč. Ve srovnání s ostatními náklady na 1 rok, za předpokladu, že vstupní investice byly vztaženy na životnost položek, je doprava velmi finančně náročná, dokonce převyšuje veškeré roční náklady. Cena za zpracování jedné tuny odpadu je 562 Kč.

Pokud by cena za prodej kompostu byla ponechána na 350 Kč/t a cenu za zpracování odpadu byla stanovena na 500 Kč/t. Bylo by toto zařízení od prvního roku v zisku a to částkou 2 879 000 Kč. Při tomto předpokladu, by doba návratu vstupní investice ve výši 22 350 000 Kč byla v devátém roce provozu zařízení, což je také znázorněno v grafu na Obr. 32.



Obr. 32 Doba návratnosti financí (velkokapacitní zařízení se zahrnutou dopravou)

[archiv autora]

Kompostárna s kapacitou 20 000 t/rok při zpracovaném množství 15 300 t/rok se zahrnutím dopravy vstupních surovin, by byla schopna samostatného provozu a zařízení by nebylo nutné dotovat. Při době návratnosti 9 let, by se mohlo jednat o zajímavou investici pro investory.

Velkokapacitní kompostárna, za předpokladu, že by bylo zajištěné dostatečné množství surovin, se kterými je počítáno a zajištěný odbyt pro kompost, by byla finančně samostatná. A to do takové míry, že by zařízení bylo schopno bez obtíží pokrýt provozní náklady a zajistit zisk již od prvního roku provozu. S těmito předpoklady by byla předpokládaná doba návratnosti investiční nákladů 7 let bez zahrnutí dopravy a 10 let s náklady na dopravu.

9 ZÁVĚR

Úvod teoretické části je věnován popisu biologicky rozložitelných odpadů, jejich vlastnostem a rozdělení. Jsou zde popsány základní možnosti nakládání s bioodpadem s ohledem na hierarchii nakládání s odpady. Nejefektivnější nakládání s bioodpadem je materiálové využití, do kterého je řazeno kompostování, které byla předmětem předkládané diplomové práce.

V kapitole kompostování byl vysvětlen proces a jednotlivé fáze kompostování. Byly rozebrány faktory a podmínky, které jsou nezbytné, aby vznikl odpovídající výsledný produkt. V závěru kapitoly kompostování jsou uvedena kritéria, podle kterých se kvalita kompostu určuje.

Pro vznik kvalitního kompostu je stěžejní surovinová skladba. Je nezbytné vytvořit kvalitní základku, za účelem vzniku hodnotného kompostu. Surovinová skladba musí být složena z určité směsi materiálů, která má poměr uhlíku a dusíku 25–40:1 a vlhkost optimálně 50 až 60 %. Za předpokladu, že vlhkost či poměr C:N nespádají do vhodného intervalu, je nezbytné skladbu upravit volbou jiných materiálů v celkové surovinové skladbě. Některé vstupní suroviny je nutné před založením kompostu upravit kvůli vzniku vhodnějších vlastností surovin. Příkladem úprav je štěpkování, drcení či hygienizace.

Kapitoly 5 a 6 teoretické části jsou věnovány podrobnému popisu typů kompostáren a je vytvořen přehled mechanického vybavení, které je obvyklé v těchto zařízeních. Kompostárny jsou rozděleny na základě velikosti a použité technologie.

Hlavním cílem praktické části bylo vytvořit univerzální technicko-ekonomický model kompostárny. Model pracuje na základě algebraických rovnic, které jsou uvedeny a popsány v kapitole 7. Výstupem z modelu je cena za zpracování jedné tuny odpadu, která je stanovena na základě nejdůležitějších investičních a provozních nákladů kompostárny, které jsou dopočítány ze vstupních proměnných. Základními vstupními proměnnými jsou množství zpracovaného materiálu a surovinová skladba.

V kapitole 8 jsou vytvořeny dva technicko-ekonomické modely kompostáren, a to zařízení se zpracovatelskou kapacitou do 150 t/rok a velkokapacitní do 20 000 t/rok. Pro obě zařízení byly vytvořeny dva scénáře. Pro zařízení do zpracovatelské kapacity 150 t/rok byla navržena varianta pro zemědělce, který vlastní potřebnou mechanizaci a pozemky. Proto není nutné do těchto položek investovat. Druhý scénář zahrnoval veškeré investiční položky. Pro kompostárnu s velkou kapacitou byla první varianta navržena bez zahrnutí nákladů na dopravu, ve druhém scénáři byly náklady zahrnuty. Pro každé zařízení byla popsána konkrétní surovinová skladba, nutná úprava surovin před kompostováním, použitá mechanizace a další nezbytné kroky pro korektní základku kompostu. Pro případ velkokapacitního zařízení byla provedena analýza i dopravní úlohy v nástroji WTP. Pro oba typy kompostáren byla stanovena cena za zpracování jedné tuny odpadu, na základě analýzy celkových ročních nákladů. Pro malou kompostárnu byla cena odhadnuta na 3 681 Kč/t, v případě malé kompostárny určené pro zemědělce byla cena za zpracování 1 tuny vypočítána na 603 Kč. Pro velkokapacitní kompostárnu se jednalo o zpracovatelskou cenu přibližně 307 Kč/t, za předpokladu zahrnutí i dopravy byla cena za zpracování vyčíslena na 562 Kč/t.

Z výsledných analýz je patrné, že udržitelnost malé kompostárny je značně problematická záležitost i při zohlednění dotační podpory. V zařízení převyšují provozní

náklady a příjmy z prodeje nejsou dostatečné, aby zařízení bylo ekonomicky efektivní bez finanční podpory. Malé zařízení pro zemědělce je za určitých podmínek, hodnocených výše, schopné provozu. Velkokapacitní zařízení bez dopravy i s dopravou, je schopné provozu s dobou návratnosti již kolem 6 let. Tuto dobu návratnosti lze zhodnotit jako ekonomicky zajímavou a projekt je možné považovat, jako ekonomicky výhodný pro potenciálního investora.

Model je stanoven pro současné tržní ceny včetně zahrnuté inflace, což zajišťuje reálnější odhad pro celkovou dobu návratnosti. Vzhledem k tomu, že je v modelu řešena problematika technického, technologického řešení a ekonomická analýza, je vhodným nástrojem pro základní projektování a ekonomický návrh kompostáren, zejména při provádění studie proveditelnosti pro investora. Z pohledu reálného provozu mohou být vyčíslovány náklady na provoz jednotlivých strojů, sestavována surovinová skladba kompostu nebo dopočítány náklady na zpracování jednotlivých surovin.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDOJŮ

- [1] Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů. *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>
- [2] *Biologicky rozložitelné komunální odpady: Česká zemědělská univerzita v Praze* [online]. [cit. 2017-01-18]. Dostupné z: https://docs.google.com/gview?url=http://restep.vumop.cz/encyklopedie/expertni_posudek/BRKO.pdf&embedded=true
- [3] Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2017-01-15]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-341>
- [4] *Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1774/2002*. in.: 2002. [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/puda/legislativa_odpady/1774_2002.pdf
- [5] ALTMANN, Vlastimil: Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. *Biom.cz* [online]. 2010-08-18 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-biologicky-rozlozitelnymi-odpadyF>. ISSN: 1801-2655
- [6] *Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady* [online]. [cit. 2017-11-29]. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz/visoh>
- [7] *Plán odpadového hospodářství České republiky pro období 2015 – 2024* [online]. In: . s. 182 [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/\\$FILE/ODP-POH_CR_2015_2024_schvalena_verze_20150113.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/$FILE/ODP-POH_CR_2015_2024_schvalena_verze_20150113.pdf)
- [8] *Komunální odpad: Univerzita Karlova v Praze, Ústav pro životní prostředí* [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://www.komunalniodpad.eu/?str=skladba>
- [9] *Vítejte na Zemi: Odpady* [online]. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=materialove_vyuziti_odpadu&site=odpady
- [10] *Vítejte na zemi: Využití odpadů na rekultivaci* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vyuziti_odpadu_na_rekultivaci&site=odpady

- [11] *Zákony pro lidi.: Zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů* [online]. [cit. 2017-02-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165>
- [12] JUNGA, Petr, Tomáš VÍTEŽ a Petr TRÁVNÍČEK. *Technika pro zpracování odpadů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-209-0.
- [13] Bioiplyn. In: *Wikipedia: volně dostupná encyklopedie* [online]. [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bioplyn>
- [14] *Skleníkové plyny: Arnika* [online]. [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://arnika.org/tags/sklenikove-plyny>
- [15] MALAŤÁK, Jan a Petr VACULÍK. *Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství, zpracování biologicky rozložitelných odpadů*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, 168 s. ISBN 978-80-213-1747-5.
- [16] ZEMÁNEK, Pavel. *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. ISBN 978-80-86884-52-3.
- [17] *Legislativní podmínka uvádění kompostů na trh: Ústřední zkušební a kontrolní ústav zemědělský*, [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: http://www.kompostuj.cz/fileadmin/1_Bioodpad_a_kompostovani/Vime_jak/legislativni_podminky_uvadeni_kompostu_na_trh.pdf
- [18] *Kompostuj: Jak vybrat kompostér* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.kompostuj.cz/vime-jak/jak-vybrat-komposter/>
- [19] *Metodický návod o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady podle stávajících právních předpisů* [online]. [cit. 2016-11-19]. Dostupné z: http://www.ceho.cz/fileadmin/user_upload/CeHO/kaly/Metodicky_navod_BRO.pdf
- [20] JELÍNEK, Antonín: Omezení emisí amoniaku a metanu procesem rychlokompostování. *Biom.cz* [online]. 2002-12-03 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/omezeni-emisi-amoniaku-a-metanu-procesem-rychlokompostovani>. ISSN: 1801-2655.
- [21] *Zřizování a provozování malých kompostáren: metodika pro praxi* [online]. [cit. 2017-2-27]. Dostupné z: http://www.kompostuj.cz/fileadmin/1_Bioodpad_a_kompostovani/Vime_jak/zrizovani_a_provoz%20malych_kompostaren_isbn978-80-87011-34-8.pdf
- [22] AUTERSKÁ, Petra. *Pachové látky* [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: http://www.cschi.cz/odour/files/czech/2006_Olsanka_Auterska2.pdf

- [23] PLÍVA, Petr, Vlastimil ALTMANN, Aleš HANČ, Květuše HEJÁTKOVÁ, Amitava ROY, Jiří SOUČEK a Lucie VALENTOVÁ. *Kompostování a kompostárny*. 1. vydání. Praha: Profi Press s.r.o., 2016, 149 s. ISBN 978-80-86726-74-8.
- [24] *Provzdušňování kompostu* [online]. In.: Phoenix [cit. 2017-01-26]. Dostupné z: <http://compostingtechnology.com/city-of-phoenix-tap-turned-aerated-pile-compost-system-spring-2016/>
- [25] *Uzavřené kompostování v zakládkách* [online]. [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://www.compost-systems.com/cs/loesungen/geschlossene-mieten>
- [26] TESAŘOVA, Marta. *Biologické zpracování odpadů*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010, 129 s. ISBN 978-80-7375-420-4.
- [27] *Kompostování: Proces kompostování* [online]. [cit. 2017-01-13]. Dostupné z: <https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/2062/Knihovna%20k%20projektu/Technika%20pro%20odpadove%20hospodarstvi%20-%20Kompostovani.pdf>
- [28] *Stálá kompostárna na volné, vodohospodářsky zabezpečené ploše* [online]. [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/obrazek/stala-kompostarna-na-volne-vodohospodarsky-zabezpecene-plose>
- [29] VAŠINKA, Martin. *Kompost a způsoby jeho výroby: Literární rešerše*. Brno, 2015. Diplomová práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Mgr. Eva Geršlová, Ph.D.
- [30] VOŠTOVÁ, Věra. *Logistika odpadového hospodářství*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 978-80-01-04426-1.
- [31] *Aerobní biofermentor EWA* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.agro-eko.cz/produkty/>
- [32] *Kompostovací stroje s uzavřeným kompostovacím systémem* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.eurobagging.com/cs/kompostovaci-technologie-1>
- [33] *Vermikompostování: Chov, poradenství a prodej kalifornských žížal* [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: <http://www.vermikompostovani.cz/o-nas-3/>
- [34] SLEJŠKA, Antonín: Kompostárna Pitterling firmy Ekodendra. *Biom.cz* [online]. 2003-08-21 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostarna-pitterling-firmy-ekodendra>. ISSN: 1801-2655.
- [35] *Technika a pro zpracování odpadů: Kompostárny* [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/210/19557.pdf

- [36] PLÍVA, Petr. *Technika pro kompostování v pásových hromadách*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2005. ISBN 80-86884-02-3.
- [37] *Překopávač kompostu: Stavební stroje BEST* [online]. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: <http://www.bestjh.cz/kompostarny/prekopavac-kompostu>
- [38] *Bubnová prosévačka substrátu: Stavební stroje BEST* [online]. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: <http://www.bestjh.cz/rotacni-prosevaci-sito>
- [39] ALTMANN, Vlastimil a Petr PLÍVA. *Výpočet velikostních parametrů kompostáren na zpevněných plochách* [online]. s. 6 [cit. 2017-01-07]. Dostupné z: <http://svt.pi.gin.cz/vuztweb/doc/clanky/zivotniprostredi/0516kompostarny.pdf?menuid=157>
- [40] *Třídící allu lopata: DL2-09* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.staves.cz/prodej-stavebnich-stroju/tridici-lopata-dl2-09-295>
- [41] PLÍVA, Petr. *Kompostování na volné ploše v pásových hromadách* [online]. [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/xx/document/view/42294332/ing-petr-pliva-csc>
- [42] *Ministerstvo životního prostředí: Příroda a krajina* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/priroda_krajina
- [43] ALTMANN, Vlastimil: *Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady*. *Biom.cz* [online]. 2010-08-18 [cit. 2016-10-25]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-biologicky-rozlozitelnymi-odpady>. ISSN: 1801-2655.
- [45] *ZERA: regionální nevládní nezisková organizace* [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <http://www.zeraagency.eu/>
- [46] *Metodický návod: komunitní/obecní kompostárna* [online]. [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/komunitni_obecni_kompostarna/\\$FILE/odp-metodicky_navod_kk-20120629.pdf.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/komunitni_obecni_kompostarna/$FILE/odp-metodicky_navod_kk-20120629.pdf.pdf)
- [47] *CENIA: Resort životního prostředí* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/>
- [48] *Zelená kniha: o nakládání s biologickým odpadem v Evropské unii* [online]. [cit. 2017-02-012]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0811:FIN:CS:PDF>

-
- [49] *Prodej a nákup půdy: Ceny zemědělské půdy* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.prodejpuody.cz/jaka-je-cena-pozemku>
- [50] *Kalkulačka odpisů dlouhodobého hmotného majetku* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://odpisy-majetku.mcsoftware.cz/index.php?kat=kalkulacka>
- [51] *Obytné buňky: KOMA Modular* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: http://www.koma-modular.cz/sites/default/files/rada/soubory/cenik_1.1.2017_cz_0.pdf
- [52] *Zemní izolační folie: Stavofol* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.stavofol.cz/pouziti-a-cenik-zemni-folie-ldpe-hdpe.html>
- [53] *ROSE: Výroba a servis vah* [online]. [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://www.vahyrotter.cz/nabidka4.htm>
- [54] *Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/formulare-ke-stazeni/>
- [55] *Zetech: Čelní kolový nakladač* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.zetechbrno.cz/produkty/technika-jcb/celni-kolove-nakladace/jcb-436-agri.html>
- [56] CHADIM, Tomáš. *Ekonomická efektivnost investic* [online]. 2005 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/2786-vypoctova-pomucka-ekonomicka-efektivnost-investic-ii>
- [57] Dlabaja, T.: *Fermentace kuchyňských odpadů*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2009. 85 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslav Boráň, Ph. D.
- [59] Ucekaj, V. *Analýza možností nakládání s komunálními odpady v rámci mikroregionu*. Brno, 2010. 153 s. Disertační práce na Vysokém učení technickém v Brně na Fakultě strojního inženýrství na Ústavu procesního a ekologického inženýrství. Vedoucí disertační práce doc. Ing. Ladislav Bébar, CSc
- [60] *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

BRO	Biologicky rozložitelný odpad
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
KO	Komunální odpad
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
POH	Plán odpadového hospodářství
ČOV	Čistírna odpadních vod
SKO	Směsný komunální odpad
MVO	Materiálové využití odpadu
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
CFC	Fluorochlorouhlík
TCM	Tetrachlormetan
WTP	Waste Transportation Prices
TH	Travní hmota

Označení	Legenda	Jednotky
O	kyslík	(-)
CO ₂	oxid uhličitý	(-)
H ₂ O	voda	(-)
NH ₃	amoniak	(-)
H ₂ S	sirovodík	(-)
C:N	poměr vodíku a uhlíku	(-)
%C	obsah uhlíku	(%)
%N	obsah dusíku	(%)
%OL	obsah organických látek	(%)
%Ns	obsahu dusík v sušině	(%)
M	množství i-té suroviny	(t)
%VL	vlhkost suroviny	(%)
m _c	hmotnost čerstvé suroviny	(g)
m _s	hmotnost vysušené suroviny	(g)
M _c	celkové množství	(t)
ρ	objemová hmotnost suroviny	(t/m ³)
ρ _s	objemová hmotnost výsledného kompostu	(t/m ³)
A	průřez kompostovací hromady	(m ²)
B ₁	horní šířka pásové hromady (lichoběžníkový profil)	(m)
B	šířka základny pásové hromady	(m)
h	výška pásové hromady	(m)
S	potřebná plocha kompostovací hromady	(m ²)
T	doba trvání 1 kompostovacího cyklu	(týdny)
P	objem kompostu	(kg/m ³)
L	délka kompostovací hromady	(m)
Q _c	celkový odtok ze zaplněné a manipulační plochy	(m ³)
Q	odtok z plochy	(m ³)
H _r	průměrný roční úhrn srážek	(mm)
H _z	podíl srážek zachycených v kompostu	(%)
H _E	odpar z ploch	(%)
Q _d	celkový odtok přívalového deště ze zaplněné a manipulační plochy	(m ³)
qd	specifická intenzita 15 min deště	(l/s·ha)

φ	součinitel odtoku z výrobní plochy	(-)
Q_{2m}	odtok ze zaplněné a manipulační plochy za 2 měsíce	(m ³)
M_K	množství kompostu	(t)
M_m	množství zpracovaného materiálu	(t)
m_z	hmotnostní ztráta suroviny	(%)
t_c	doba trvání cyklu	(týdny)
t	fond pracovní doby	(hod)
M_p	množství kompostu k překopání	(t)
M_{1cykl}	množství zpracovaného materiálu v 1 cyklu	(t)
p	počet překopávek v cyklu	(-)
c	počet cyklů	(počet/rok)
$V_{překopávač}$	výkonnost překopávače	(t/hod)
M_{Kp}	celkové překopané množství za rok	(t)
RV	roční využití	(hod/rok)
$V_{Nakladač}$	výkonnost nakladače	(t/hod)
M_N	celkové množství nakládaného materiálu	(t)
$M_{Nost.}$	množství ostatního nakládaného materiálu	(t)
M_Z	množství materiálu k úpravě	(t)
M_{Zcykl}	množství zpracovaného materiálu v 1 cyklu	(t)
$V_{Zařízení na úpravu}$	výkonnost zařízení na úpravu materiálu	(t/hod)
DCF	diskontovaný peněžní tok	(Kč/rok)
CF	peněžní tok	(Kč/rok)
r	diskont	(-)
rok	rok	(rok)
IN	Investiční náklady	(Kč)
T_{ds}	Diskontovaná doba návratnosti	(rok)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma rozdělení druhů biologicky rozložitelných odpadů	12
Obr. 2 Produkce vybraných skupin BRO	14
Obr. 3 Schéma hierarchie nakládání s odpadem	16
Obr. 4 Schéma procesu kompostování	20
Obr. 5 Schéma fází kompostování	22
Obr. 6: Schéma kompostovacího postupu	23
Obr. 7 Provdzdušnění za pomoci ventilátorů	31
Obr. 8 Uzavřený systém kompostování	31
Obr. 9 Kompostování v pásových hromadách	33
Obr. 10 Schéma trojúhelníkového profilu kompostovací hromady	33
Obr. 11 Schéma lichoběžníkového profilu kompostovací hromady	34
Obr. 12 Schéma kompostování v polouzavřeném zařízení	34
Obr. 13 Uzavřený biofermentor EWA	35
Obr. 14 Plnicí stroj pro kompostování ve vacích	35
Obr. 15 Mostová automobilová váha	38
Obr. 16 Rozdělení drtičů a překopávačů	39
Obr. 17 Kolový čelní nakladač	40
Obr. 18 Překopávač kompostu	41
Obr. 19 Schéma rozdělení překopávačů	41
Obr. 20 Rotační prosévací zařízení	42
Obr. 21 Schéma průřezu zpevněné a vodohospodářsky zabezpečené plochy.....	48
Obr. 22 Ukazatel vlhkosti v modelu.....	56
Obr. 23 Ukazatel poměru C:N z modelu.....	57
Obr. 24 Graf procentuálního rozložení vstupních investic na zázemí kompostárny	69
Obr. 25 Graf procentuálního rozložení vstupních investic za stroje	70
Obr. 26 Graf procentuálního rozložení provozních nákladů.....	70
Obr. 27 Graf procentuálního rozložení provozních nákladů.....	71
Obr. 28 Allu lopata.....	72
Obr. 29 Doba návratnosti financí (malé zařízení neprodávající kompost)	77
Obr. 30 Doba návratnosti financí (malé zařízení pro zemědělce).....	78
Obr. 31 Doba návratnosti financí (velkokapacitní zařízení bez zahrnutí dopravy)	79
Obr. 32 Doba návratnosti financí (velkokapacitní zařízení se zahrnutou dopravou).....	80
Obr. 33 Výňatek ze Sbírky zákonů č. 341/2008	98
Obr. 34 Seznam příloh požadovaných k žádosti o registraci hnojiva (pomocné látky)	99
Obr. 35 Obytné buňky.....	100

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Biologicky rozložitelné komunální odpady	13
Tab. 2 Procentuální zastoupení BRO pro rok 2015	13
Tab. 3 Podíl jednotlivých frakcí v odlišných typech zástavby	15
Tab. 4: Děje probíhající při kompostování	21
Tab. 5 Optimální vlhkost při kompostování	24
Tab. 6 Limitní koncentrace vybraných prvků	25
Tab. 7 Kritéria hodnocení účinnosti hygienizace	25
Tab. 8 Četnost kontrol výstupů	26
Tab. 9 Limitní obsah rizikových látek	26
Tab. 10 Prahové koncentrace zápašných látek	29
Tab. 11 Vhodné suroviny do malé kompostárny	30
Tab. 12 Přehled strojů pro jednotlivé typy linek	38
Tab. 13 Vlastnosti vybraných odpadů	43
Tab. 14 Ukázka řešení surovinové skladby v modelu.....	56
Tab. 15 Ukázka výpočtového řešiče plochy	58
Tab. 16 Doplnková tabulka – provozní plocha	58
Tab. 17 Ukázka z kalkulátoru jímky	59
Tab. 18 Ukázka výpočtového řešení překopávače	60
Tab. 19 Výpočtová tabulka stěnového konvektoru	60
Tab. 20 Ukázka výpočtové jednotky pro nakladač	61
Tab. 21 Vstupní surovinová skladba velkokapacitní kompostárny	63
Tab. 22 Množství materiálu pro konkrétní úpravy	63
Tab. 23 Základní parametry	64
Tab. 24 Kompoziční řešení kompostárny	64
Tab. 25 Navržená výkonnost a roční využití jednotlivých strojů	65
Tab. 26 Rozpis potřebných pozic	66
Tab. 27 Investiční náklady	66
Tab. 28 Přehled provozních nákladů.....	67
Tab. 29 Příjmy z prodeje kompostu	67
Tab. 30 Ceny za zpracování odpadu za jednotlivé frakce.....	67
Tab. 31 Položky k určení ceny za zpracování	69
Tab. 32 Surovinová skladba – malá kompostárna	72
Tab. 33 Základní informace k technologii kompostování	72
Tab. 34 Kompoziční řešení malé kompostárny	73
Tab. 35 Základní rozměry kompostárny	73
Tab. 36 Parametry mechanizace v malé kompostárně.	74
Tab. 37 Náklady na investice	74
Tab. 38 Provozní náklady malé kompostárny.....	75
Tab. 39 Ceny za zpracování jednotlivých frakcí.....	75
Tab. 40 Přehled investičních nákladů	76
Tab. 41 Přehled provozních nákladů.....	76

Tab. 42 Seznam kompostovatelných odpadů	94
---	----

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA I.	94
PŘÍLOHA II.	97
PŘÍLOHA III.	98
PŘÍLOHA IV.	99
PŘÍLOHA V.	100

PŘÍLOHA I.

Tab. 42 Seznam kompostovatelných odpadů [3]

Kód odpadu		Název druhu odpadu
02	Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství, a z výroby zpracování potravin	
	02 01	Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství
		02 01 01 Kaly z praní a z čištění
		02 01 02 Odpad živočišných tkání
		02 01 03 Odpad rostlinných pletiv
		02 01 06 Zvíření trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady soustředované odděleně a zpracované mimo místo vzniku
		02 01 07 Odpady z lesnictví
	02 02	Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu
		02 02 01 Kaly z praní a čištění
		02 02 02 Odpad živočišných tkání
		02 02 03 Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
		02 02 04 Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	02 03	Odpady z výroby a zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy
		02 03 01 Kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace
		02 03 04 Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
		02 03 05 Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	02 04	Odpady z výroby cukru
		02 04 01 Zemina z čištění a praní řepy
		02 04 02 Uhličitán vápenatý nevyhovující jakosti
		02 04 03 Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	02 05	Odpady z mlékářského průmyslu
		02 05 01 Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
		02 05 02 Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	02 06	Odpady z pekáren a výroby cukrovinek
		02 06 01 Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
		02 06 03 Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	02 07	Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kaka)
		02 07 01 Odpad z praní, čištění a mechanického zpracování surovin
		02 07 02 Odpad z destilace lihovin
		02 07 04 Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
		02 07 05 Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
03	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky	

	03 01	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek a nábytku	
		03 01 01	Odpadní kůra a korek
		03 01 05	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy
	03 03	Odpad z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky	
		03 03 01	Odpadní kůra a dřevo
		03 03 02	Kaly zeleného louhu (ze zpracování černého louhu)
		03 03 05	Kaly z odstraňování tiskařské černi při recyklaci papíru
		03 03 07	Mechanicky oddělen výmět z rozvlákňování odpadního papíru a lepenky
		03 03 08	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci
		03 03 09	Odpadní kaustifikační kal
		03 03 10	Výmětová vlákna, kaly z mechanického oddělování obsahující vlákna, výplně a povrchové vrstvy z mechanického třídění
		03 03 11	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod 03 03 10
04	Odpady z kožedělného, kožesnického a textilního průmyslu		
	04 01	Odpady z kožedělného a kožesnického průmyslu	
		04 01 01	Odpadní kůže a štípenka
		04 01 06	Kaly obsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
		04 01 07	Kaly neobsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	04 02	Odpady z textilního průmyslu	
		04 02 10	Organické hmoty z přírodních produktů (např. tuk, vosk)
		04 02 20	Ostatní kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
		04 02 21	Odpady z nezpracovaných textilních vláken
		04 02 22	Odpady ze zpracování textilních vláken
10	Odpady z tepelného procesu		
	10 01	Odpady z elektráren a jiných spalovacích zařízení	
		10 01 03	Popílek ze spalování rašeliny a neošetřeného dřeva
	10 13	Odpady z výroby cementu, vápna a sádky a předmětů a výrobků z nich vyráběných	
		10 13 04	Odpady z kalcinace a hašení vápna
		10 13 06	Úlet a prach
15	Odpadní obaly; absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené		
	15 01	Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)	
		15 01 01	Papírové a lepenkové obaly
		15 01 03	Dřevěné obaly
17	Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst)		
	17 02	Dřevo, sklo, plasty	
		17 02 01	Dřevo
19	Odpady ze zařízení na zpracování (využívání a odstraňování) odpadu, z čištění odpadních vod pro čištění těchto vod mimo místo jejich vzniku a z výroby vody pro spotřebu lidí a vody pro průmyslové účely		
	19 05	Odpady z aerobního zpracování pevných odpadů	

		19 05 03	Kompost nevyhovující jakosti
	19 06	Odpady z anaerobního zpracování odpadu	
		19 06 04	produkty z vyhnívání z anaerobního zpracování komunálního odpadu
		19 06 05	Extrakty z anaerobního zpracování odpadů živočišného a rostlinného původu
		19 06 06	Produkty z vyhnívání z anaerobního zpracování odpadů živočišného a rostlinného původu
	19 08	Odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené	
		19 08 05	Kaly z čištění komunálních odpadů
		19 08 12	Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod
		19 08 14	Kaly z jiných způsobů čištění průmyslových odpadních vod
	19 09	Odpady z výroby vody pro spotřebu lidí nebo vody pro průmyslové účely	
		19 09 01	Pevné odpady z primárního čištění
		19 09 02	Kaly z čiření vody
	19 12	Odpady z úpravy odpadů jinde nevedené (např. třídění, drcení, lisování, paletizace)	
		19 12 01	Papír a lepenka
		19 12 07	Dřevo

PŘÍLOHA II.

1. kategorie	
Výčet látek	Možnosti nakládání
<ul style="list-style-type: none">• Části těl živočichů včetně kůží.• Kuchyňský odpad z dopravních prostředků z mezinárodní přepravy.• Živočišné materiály shromážděné při čištění odpadních vod ze závodů kategorie I.• Produkty ze zvířat, kterým byly podávány zakázané látky.	<ul style="list-style-type: none">• Přímé odstranění spaláním ve schválených spalovnách.• Spoluspalování• V případě kuchyňských odpadů: zahrabání na skládce.
2. kategorie	
Výčet látek	Možnosti nakládání
<ul style="list-style-type: none">• Hnůj a obsah trávicího traktu.• Živočišné materiály shromážděné při čištění odpadních vod ze závodů kategorie II.• Produkty živočišného původu obsahující rezidua veterinárních léčiv a znečišťujících látek skupiny B uvedených ve směrnici Rady 96/23/ES.	<ul style="list-style-type: none">• Zpracování v závodě na výrobu bioplynu nebo v kompostárně, které jsou schváleny.• Odstranění spaláním ve spalovně.• V případě hnoje, obsahu trávicího traktu (za předpokladu, že nepředstavují nebezpečí): použití bez zpracování jako suroviny v závodě na výrobu bioplynu nebo v kompostárně.
3. kategorie	
Výčet látek	Možnosti nakládání
<ul style="list-style-type: none">• Části poražených zvířat, které jsou v souladu s právními předpisy společenství požitelné, ale z obchodních důvodů nejsou určeny k lidské spotřebě• Syrové mléko zvířat, která nevykazují klinické příznaky žádného onemocnění přenosného tímto produktem na lidi nebo na zvířata	<ul style="list-style-type: none">• Přímé odstranění jako odpady spaláním ve spalovně.• Zpracovány v závodě na výrobu bioplynu nebo v kompostárně.

PŘÍLOHA III.

Obr. 33 *Výňatek se Sbírky zákonů č. 341/2008 [3]*

Strana 5270

Sbírka zákonů č. 341 / 2008

Částka 110

Příloha č. 6 k vyhlášce č. 341/2008 Sb.

Zařazování výstupů ze zařízení k využívání bioodpadů do skupin podle způsobu jejich využití

- (1) Výstupem ze zařízení k využívání bioodpadů jsou výrobky, které splňují požadavky jiných právních předpisů¹⁴⁾, výrobky, které splňují požadavky této vyhlášky a odpady, které již nejsou považovány za bioodpady.
- (2) Výstupy ze zařízení k využívání bioodpadů, vyjma výstupů z malých zařízení, které nejsou uváděny na trh nebo do oběhu podle jiných právních předpisů¹⁵⁾ a které budou používány mimo zemědělskou nebo lesní půdu k zakládání nebo pro údržbu veřejné zeleně v obcích, z jejichž katastrálního území bioodpady zpracované v malém zařízení pocházejí, se podle svých vlastností a způsobu využití zařazují do následujících skupin:
 - a) 1. skupina – výstupy, které splňují požadavky na výrobky podle jiných právních předpisů¹⁴⁾ (například bioplyn, kompost, digestát). Výstupy, které nejsou uváděny do oběhu podle jiných právních předpisů¹⁶⁾ musí odpovídat minimálně požadavkům na výstupy 2. skupiny.
 - b) 2. skupina – výstupy, které splňují požadavky této vyhlášky a využívají se mimo zemědělskou a lesní půdu. Na základě skutečných vlastností, složení a způsobu využití se skupina dělí na tyto třídy:
 1. **Třída I** – určena pro využití na povrchu terénu užívaného nebo určeného pro zeleň u sportovních a rekreačních zařízení včetně těchto zařízení v obytných zónách s výjimkou venkovních hracích ploch. Kritéria pro využívání na povrchu venkovních hracích ploch se řídí jiným právním předpisem¹⁷⁾,
 2. **Třída II** – určena pro využití na povrchu terénu užívaného nebo určeného pro městskou zeleň, zeleň parků a lesoparků, pro využití při vytváření rekultivačních vrstev nebo pro přimíchávání do zemin při tvorbě rekultivačních vrstev, na území průmyslových zón, při úpravách terénu v průmyslových zónách (rekultivační kompost v doporučeném množství nepřesahujícím v průměru 200 t sušiny na 1 ha v období deseti let a rekultivační digestát v doporučeném množství nepřekračující 20 t sušiny na 1 ha v období deseti let). Rekultivační digestát musí být aplikován v dělených dávkách tak, aby nedošlo k zamokření pozemku na dobu delší než 12 hodin či k jeho zaplavení. Pro uvedená místa a účely je možné užívat i Třidu I;
 3. **Třída III** – určena pro využití na povrchu terénu vytvářeného rekultivačními vrstvami zabezpečených skládek odpadů podle ČSN 83 8035 Skládání odpadů – Uzavírání a rekultivace skládek, rekultivačními vrstvami odkališť nebo pro filtrační náplně biofiltrů (kompost). Pro uvedené účely je možné užívat i Třidu I a Třidu II.

PŘÍLOHA IV.

Obr. 34 Seznam příloh požadovaných k žádosti o registraci hnojiva (pomocné látky) [54]

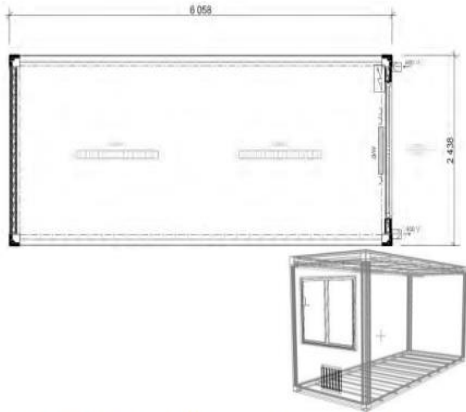
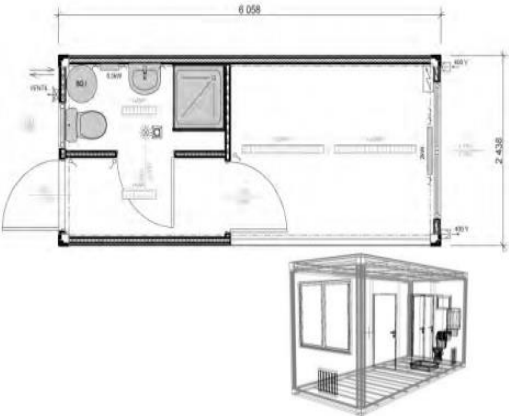
příloha č.	1	Technická dokumentace výrobku, například bezpečnostní list, technická norma, výrobní list nebo technická specifikace výrobce, uvádějící obsah jednotlivých součástí hnojiva včetně obsahu rizikových prvků a rizikových látek (u živin též jejich formu a rozpustnost) zrnitost a jemnost mletí hnojiva. U dovážených hnojiv Product Data Sheet, Sicherheitsdatenblatt; tato dokumentace se uvádí jako součást přílohy nebo jako samostatná
příloha č.	2	Specifikace balení včetně určení velikosti a materiálu použitého obalu a druhů skupinových balení. U volně ložených hnojiv specifikace dopravních prostředků, případně nádob.
příloha č.	3	Návod na použití (nejlépe v elektronické podobě – dokument Word) obsahující zejména rozsah a způsob jeho použití a podmínky jeho skladování včetně dalších povinností, které stanoví § 7 zákona č. 156/1998 Sb.
příloha č.	4	Popis výrobního postupu (výrobní reglement) včetně výčtu surovin použitých k výrobě spolu s jejich kvalitativními ukazateli.
příloha č.	5	Dokumentace autorizované osoby dokládající, že u výrobce jsou vytvořeny předpoklady pro trvalé dodržování deklarované jakosti výroby. V případě, že není u tuzemského výrobce tato dokumentace k dispozici, provedou prověrku pracovníci ÚKZÚZ SZV Oddělení hnojiv Praha v průběhu řízení.
příloha č.	6	Potvrzení (např. Ministerstva průmyslu a obchodu využívající výsledků pracoviště Výzkumného ústavu průmyslové chemie Pardubice-akreditované laboratoře 1167.2), že se nejedná o výbušninu podle § 21 zákona č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů, pokud je obsah N ve formě dusičnanu amonného vyšší než 27 %.
příloha č.	7	Zpráva, či posudek o přezkoušení vlastností hnojiva podle § 4 odstavce 4, 5 a 6 zákona č. 156/1998 Sb.,
příloha č.	8	Posouzení Ministerstva zdravotnictví ČR podle zákona č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu
příloha č.	9	Posuzování výrobků z hlediska jejich požární bezpečnosti podle zákona č. 133/ 1985 Sb., (Ministerstvo vnitra – Technický ústav požární ochrany)
příloha č.	10	Zařazení podle škodlivosti pro včely ve smyslu zákona č. 147/1996 Sb. a vyhl. 40/1997 a vyhl.84/1997 Sb. (Výzkumný ústav včelařský Dol u Libčic)

Nezbytnost předložení příloh 4 až 10 určí ÚKZÚZ u každé konkrétní žádosti

Vzorek hnojiva pro ověření chemicko-fyzikálních vlastností předkládejte s vyplněnou žádostí.

PŘÍLOHA V.

Obr. 35 Obytné buňky [51]

C3L 08		RÁM Z ŽÁROVĚ POZIKOVANÉ OCELI
	Rozměr	6058 x 2438 mm, světlá výška 2500 mm
	Stěny a strop	laminovaná dřevotřísková deska
	Podlaha	PVC tl. 1,5 mm, cementotřísková deska
	Okna	1ks 1765 x 1335 mm, plast, OS, sklo ditherm, integrovaná roleta s bezp. zarážkami
	Vstupní dveře	-
	Elektroinstalace	2ks osvětlení zářivky 1x36W 3ks vnitřní zásuvky 220V 1ks topidlo AEG 2kW rozvaděč s jističi 2ks venkovní zásuvky 380V
	Sanitární vybavení	Není
	Stohovatelnost	ano
93.000,- Kč (bez DPH a mont. materiálu)		
C3S 06		RÁM Z ŽÁROVĚ POZIKOVANÉ OCELI
	Rozměr	6058 x 2438 mm, světlá výška 2500 mm
	Stěny a strop	laminovaná dřevotřísková deska
	Podlaha	PVC tl. 1,5 mm, v sanitární části vytahované voděodolné protiskluzové PVC tl. 2,5 mm s podlahovou vpustí, cementotřísková deska
	Okna	1ks 1765 x 1335 mm, plast, OS, sklo ditherm, integrovaná roleta s bezp. zarážkami 1ks 600 x 450 mm, plast, sklopné, sklo ditherm, bez rolety
	Vstupní dveře	1ks ZK 875 x 2000 mm, oboustranně lakované
	Elektroinstalace	2ks osvětlení zářivky 1x36W 2ks osvětlení zářivky 1x9W 5ks vnitřní zásuvky 220V 1ks topidlo AEG 0,5kW 1ks topidlo AEG 2kW rozvaděč s jističi 2ks venkovní zásuvky 380V 1ks pevné připojení pro bojler 220V 1ks ventilátor
	Sanitární vybavení	1ks WC 1ks umyvadlo se zrcadlem, poličkou a háčkem na ručník / teplá - studená voda 1ks sprcha 1ks bojler 80l
	Stohovatelnost	ano
179.000,- Kč (bez DPH a mont. materiálu)		